



TESIS – TE 142599

**KARAKTERISTIK SPASIAL IONOSFER PADA SISTEM  
KOMUNIKASI HF DI DAERAH *EQUATORIAL***

PARAMITA EKA WAHYU LESTARI  
2212 203 202

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



THESIS – TE 142599

**SPATIAL CHARACTERISTIC OF IONOSPHERE OF HF  
COMMUNICATION SYSTEM IN EQUATORIAL REGION**

PARAMITA EKA WAHYU LESTARI  
2212 203 202

ADVISOR  
Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng

MAGISTER PROGRAM  
TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA AREAS OF EXPERTISE  
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
INDUSTRY ENGINEERING FACULTY  
TEN NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:  
Paramita Eka Wahyu Lestari  
NRP. 2212203202

Tanggal Ujian : 16 Januari 2015  
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:

1. Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, P.hD (Pembimbing)  
NIP.197011111993031002
2. Dr. Ir. Wirawan, DEA (Penguji)  
NIP. 196311091989031011
3. Dr. Ir. Puji Handayani, MT (Penguji)  
NIP. 196605101992032002
4. Dr. Ir. Suwadi, MT (Penguji)  
NIP. 196808181993031002
5. Eko Setijadi, ST, MT, P.hD (Penguji)  
NIP. 197210012003121002



Direktur Program Pasca Sarjana.

Prof. Dr. Ir. Adi Suprijanto, MT  
NIP. 19640405 199002 1 001

# KARAKTERISTIK SPASIAL IONOSFER PADA SISTEM KOMUNIKASI HF DI DAERAH *EQUATORIAL*

Nama Mahasiswa : Paramita Eka Wahyu Lestari  
NRP : 2212 203 202  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng

## ABSTRAK

Sistem komunikasi HF yang memiliki band frekuensi 3-30 MHz pada daerah *Equatorial* seperti halnya di negara Indonesia, terdapat fenomena yang dapat mengganggu sistem komunikasi HF yaitu *ESF (Equatorial Spread-F)* yaitu merupakan penyebaran Lapisan F dan terjadi pada malam hari dan efek dari fenomena ini adalah terjadinya variasi *delay (Delay Spread)* pada sisi penerima. Variasi delay itu sendiri bergantung pada seberapa besar penyebaran Lapisan F. Karakteristik Ionosfer yang tidak ideal dan juga *Equatorial* anomali juga mempengaruhi sistem ini. Pada penelitian ini telah dilakukan untuk mendapatkan model variasi spatial lapisan Ionosfer yaitu berupa redaman ekivalen yang merupakan redaman pengganti untuk menggambarkan kondisi redaman yang terjadi pada setiap link dengan mode propagasi dari 1F sampai 6F dimana memanfaatkan parameter ketinggian virtual pada Lapisan-F ( $h'f$ ). Hasil rendaman ekivalen antara dua link yang berbeda dikorelasikan dengan link Surabaya-Merauke sebagai referensi maka setiap jam memiliki nilai koefisien korelasi yang bervariasi dengan rentang antara -0,7 sampai 0,5. Pada jam 00.00 WIB link Surabaya-Ternate dan jam 06.00 WIB link Surabaya-Biak dapat digunakan relay. Bentuk distribusi dari redaman adalah Normal. Besarnya redaman yang dapat diterima link Surabaya-Merauke  $2,22 \times 10^{11}$ , Surabaya\_Biak  $1,9 \times 10^{11}$ , Surabaya-Ternate  $1,12 \times 10^{11}$ , Surabaya-Pontianak  $6,4 \times 10^{10}$ , Surabaya-Kototabang  $11,2 \times 10^{10}$ .

Kata Kunci : HF, ESF, Ketinggian Virtual, Redaman Ekivalen, Ionosfer

# **SPATIAL CHARACTERISTICS OF IONOSPHERE OF HF COMMUNICATION SYSTEM IN THE EQUATORIAL REGION**

Name : Paramita Eka Wahyu Lestari  
Student Identity Number : 2212 203 202  
Advisor : Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng

## **ABSTRACT**

Frequency band HF communication system has 3-30 MHz in the Equatorial regions as well as Indonesia, there is phenomena that can disrupt HF communication system that ESF (Equatorial Spread-F) which is the spread of the F-Layer and occurs at night and the effects of the phenomenas this is the delay variation (delay Spread) at the receiver side. Variation of delay itself depends on how large the spread of F- layer of Ionosphere. Non-ideal characteristics and Equatorial anomalies also affect this system. In this research has been carried out to obtain the spatial variation model of ionosphere which formed the equivalent attenuation substitute attenuation to describe the conditions that occurred at every link with propagation mode from 1F to 6F which using virtual height parameters in F-Layer ( $h'f$ ). Equivalent attenuation value between two different link correlated with links Surabaya-Merauke as a reference then every hour has a correlation coefficient that varies with the range between - 0.7 to 0.5. At 00.00 pm the link Surabaya-Ternate and 06.00 pm Surabaya-Biak link can be used relay. The shape of the distribution of attenuation is Normal. The value of attenuation that are maximum acceptable for Surabaya-Merauke  $2,22 \times 10^{11}$ , Surabaya\_Biak  $1,9 \times 10^{11}$ , Surabaya-Ternate  $1,12 \times 10^{11}$ , Surabaya-Pontianak  $6,4 \times 10^{10}$ , Surabaya-Kototabang  $11,2 \times 10^{10}$ .

**Keyword** : HF, ESF, Virtual Height, Equivalent Attenuation, Ionosphere

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil ‘aalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT sehingga penelitian berjudul “**Karakteristik Spasial Ionosfer pada Sistem Komunikasi HF di Daerah Equatorial**” dapat diselesaikan.

Buku tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademik program pascasarjana, Program Studi Teknik Elektro, Bidang Keahlian Telekomunikasi Multimedia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada Kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng, P.hD atas bimbingan dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak dan Ibu seluruh dosen S2 program studi Telekomunikasi Multimedia.
3. Kedua orang tua dan adek Luqman Hanifianto yang telah mendo’akan kelancaran penyelesaian tesis ini.
4. Lembaga LAPANatas bantuan data pengukuran parameter Ionosfer.
5. Teman-teman tim riset HF terimakasih atas kerja sama dan bantuannya.
6. Teman-teman Lab Antena dan Propagasi B306 terima kasih atas dukungannya dan masukan-masukannya.
7. Teman-teman S2 angkatan 2012, terima kasih atas kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu demi perbaikan dan penyempurnaan tesis, maka kritik dan saran sangat di harapkan.

Surabaya, Januari

2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Abstrak .....	iii
Abstract .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Gambar .....	ix
Daftar Tabel .....	xii
BAB I      Pendahuluan .....	1
1.1   Latar Belakang .....	1
1.2   Rumusan Masalah .....	4
1.3   Batasan Masalah .....	4
1.4   Tujuan .....	5
1.5   Sistematika Penulisan .....	5
BAB II      Tinjauan Pustaka .....	7
2.1 <i>High Frequency (HF)</i> .....	7
2.2   Lapisan Ionosfer .....	8
2.2.1   Lapisan D .....	9
2.2.2   Lapisan E .....	10
2.2.3   Lapisan F .....	10
2.2.4   Karakteristik Lapisan F2 .....	12
2.3   Parameter-Parameter Lapisan Ionosfer .....	12
2.3.1   Ketinggian Virtual .....	12
2.3.2   Frekuensi Kritis .....	14
2.3.3   MUF ( <i>Maximum Usable Frequency</i> ) .....	15
2.4   Propagasi Gelombang HF .....	16
2.4.1   Propagasi <i>Groundwave</i> .....	16
2.4.2   Propagasi <i>Skywave</i> .....	17
2.4.3   Daerah <i>Skip Zone</i> .....	17

2.5	Permasalahan pada Sistem Komunikasi HF .....	18
2.5.1	Fading .....	18
2.5.2	<i>Sporadic-E</i> .....	19
2.5.3	ESF ( <i>Equatorial Spread-F</i> ) .....	20
2.5.4	Anomali Variasi Ionosfer .....	20
2.6	Penelitian Sebelumnya .....	22
2.7	Metode Statistik yang Digunakan .....	23
2.7.1	Koefisien Korelasi .....	23
2.7.2	Polynomial fitting .....	24
2.7.3	Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	26
BAB III	Metode Penelitian .....	29
3.1	Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) pada Dua Titik Lokasi Ionosonde .....	29
3.2	Regresi Model Lapisan Ionosfer .....	35
3.3	Pembangkitan Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) .....	35
3.4	Redaman Ekuivalen .....	42
BAB IV	Hasil dan Analisa .....	45
4.1	Korelasi Ketinggian Virtual Lapisan-F Ionosfer ( $h'F$ ) .....	45
4.2	Model Karakteristik Spasial Ionosfer .....	48
4.3	Karakteristik Redaman Ekuivalen .....	56
4.4	Distribusi Redaman Setiap Link .....	59
4.4.1	Distribusi Redaman pada 5 Link .....	59
4.4.2	Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> (K-S Test) dan Nilai RMSE .....	65
4.4.3	Pemilihan Distribusi Redaman pada 5 Link .....	69
4.5	Sintesa .....	74
4.5.1	Korelasi Ketinggian Virtual Lapisan-F Ionosfer .....	74
4.5.2	Model Karakteristik Spasial Ionosfer .....	75
4.5.3	Redaman Ekuivalen .....	76



4.5.4 Distribusi Redaman Ekvivalen .....	77
BAB V Kesimpulan dan Saran .....	79
Daftar Pustaka .....	83
Lampiran A .....	85
Lampiran B .....	93
Lampiran C .....	95
Lampiran D .....	104
Lampiran E .....	117
Lampiran F .....	130
Lampiran G .....	143
Lampiran H .....	156
Lampiran I .....	169
Riwayat Hidup .....	173

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spektrum Radio .....	7
Tabel 2.2	Dasar MUF dan Terkait Elektron Gyrofrequency .....	12
Tabel 2.3	Penentuan Nilai Batas $d$ Sesuai dengan <i>Significan Level</i> ...	26
Tabel 3.1	Lokasi Geografis Penempatan Ionosonde .....	31
Tabel 3.2	Hasil Pengolahan Ionogram Parameter $h'f$ di Biak .....	32
Tabel 3.3	Jarak dan Bearing Link antra 2 Lokasi Ionosonde .....	34
Tabel 3.4	Jarak Link Alternatif .....	40
Tabel 3.5	Jarak dan Bearing Antara 2 Link dengan Referensi Surabaya-Merauke .....	42
Tabel 4.1	Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 00.00WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT. ....	46
Tabel 4.2	Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 12.00WIB, 13.00 WITA, 14.00 WIT .....	46
Tabel 4.3	Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 18.00WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT. ....	47
Tabel 4.4	Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 05.00.00WIB, 06.00 WITA, 07.00 WIT. ....	47
Tabel 4.5	Parameter Indikasi Fitting Terbaik pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT .....	49
Tabel 4.6	Penerapan Model Polynomial Setiap Jam Selama 24 Jam .....	54
Tabel 4.7	Ketinggian virtual ( $h'f$ ) Hasil Pembangkitan Menggunakan Model Polynomial (2,1) Link Surabaya-Merauke .....	55

Tabel 4.8	Korelasi Redaman Ekuivalen pada jam 00.00 WIB .....	57
Tabel 4.9	Korelasi Redaman Ekuivalen pada jam 05.00 WIB .....	57
Tabel 4.10	Korelasi Redaman Ekuivalen pada jam 06.00 WIB .....	57
Tabel 4.11	Korelasi Redaman Ekuivalen pada jam 07.00 WIB .....	57
Tabel 4.12	Korelasi Redaman Ekuivalen pada jam 08.00 WIB .....	57
Tabel 4.13	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Lognormal Link Surabaya-Merauke .....	68
Tabel 4.14	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Normal Link Surabaya-Merauke .....	66
Tabel 4.15	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Lognormal Link Surabaya-Biak .....	66
Tabel 4.16	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Normal Link Surabaya-Biak .....	66
Tabel 4.17	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Lognormal Link Surabaya-Ternate .....	67
Tabel 4.18	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Normal Link Surabaya-Ternate .....	67
Tabel 4.19	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Lognormal Link Surabaya-Pontianak .....	67
Tabel 4.20	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Normal Link Surabaya-Pontianak .....	67
Tabel 4.21	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Lognormal Link Surabaya-Kototabang .....	68
Tabel 4.22	Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> dengan Normal Link Surabaya-Kototabang .....	68
Tabel 4.23	Hasil Perhitungan RMSE antara Lognormal dan Normal ....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan Ionosfer dalam Susunan Lapisan Atmosfer Bumi .....	8
Gambar 2.2	Pembagian lapisan Ionosfer .....	9
Gambar 2.3	Ilustrasi Menggambarkan Ketinggian Virtual Ionsfer .....	13
Gambar 2.4	Ilustrasi untuk Mendapatkan Frekuensi Kritis .....	14
Gambar 2.5	Propagasi Gelombang HF .....	16
Gambar 2.6	Ilustrasi Daerah <i>Skip Zone</i> .....	17
Gambar 2.7	<i>Deviation</i> SignalReal Temporal pada Kanal <i>Multipath</i> dan Fading .....	19
Gambar 2.8	Ilustrasi gangguan dikarenakan <i>sporadic-E</i> .....	19
Gambar 2.9	Grafik Frekuensi Kritis Lapisan Ionosfer ketika Terjadi Anomali .....	21
Gambar 2.10	Grafik Ketinggian Lapisan Ionosfer ketika Terjadi Anomali .....	21
Gambar 3.1	Flow Chart Metode Penelitian .....	30
Gambar 3.2	Ionogram Hasil Pengukuran Ionosonde .....	31
Gambar 3.3	Ilustrasi Bentuk Jurusan Tiga Angka (Bearing) Pemodelan Spasial Link AB .....	33
Gambar 3.4	Flowchart Proses Regresi .....	37
Gambar 3.5	Fitting Polynomial (1,1) untuk Jam 00.00 WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT .....	38
Gambar 3.6	PDF Lognormal dengan $\sigma = 1$ dan Nilai $m$ yang Berbeda .....	38
Gambar 3.7	Grafik PDF Distribusi Lognormal dari Ketinggian .....	39
Gambar 3.8	Grafik CDF distribusi Lognormal dari Ketinggian .....	40
Gambar 3.9	Alternatif Link .....	40
Gambar 3.10	Ilustrasi Pembangkitan Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) Titik Tengah link dengan Fungsi Jarak dan Bearing.	42
Gambar 4.1	Gambar Grafik Model Polynomial (1,1) pada	

	Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT .....	50
Gambar 4.2	Gambar Grafik Model Polynomial (1,2) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT .....	51
Gambar 4.3	Gambar Grafik Model Polynomial (2,1) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT .....	52
Gambar 4.4	Gambar Grafik Model Polynomial (3,1) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT .....	52
Gambar 4.5	Gambar Grafik Model Polynomial (1,1) pada Jam 18.00 WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT yang Merupakan Model untuk Jam Tersebut .....	53
Gambar 4.6	Grafik Korelasi Redaman Selama 24 Jam .....	58
Gambar 4.7	Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Merauke .....	60
Gambar 4.8	Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Merauke .....	60
Gambar 4.9	Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Biak .....	61
Gambar 4.10	Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Biak .....	61
Gambar 4.11	Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Ternate .....	62
Gambar 4.12	Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Ternate .....	62
Gambar 4.13	Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Pontianak .....	63
Gambar 4.14	Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Pontianak .....	63
Gambar 4.15	Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Kototabang. ....	64
Gambar 4.16	Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Kototabang .....	64
Gambar 4.17	Grafik CCDF pada Link Surabaya-Merauke .....	70

Gambar 4.18	Grafik CCDF pada Link Surabaya-Biak .....	71
Gambar 4.19	Grafik CCDF pada Link Surabaya-Ternate .....	72
Gambar 4.20	Grafik CCDF pada Link Surabaya-Pontianak .....	73
Gambar 4.21	Grafik CCDF pada Link Surabaya-Kototabang .....	73

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak pulau-pulau kecil dan juga ada beberapa pulau-pulau besar. Agar dapat saling berkomunikasi atau bertukar informasi dengan baik antara penduduk yang tinggal di pulau besar dan juga penduduk di pulau kecil, sehingga dibutuhkan sebuah sistem komunikasi yang memiliki biaya yang relatif murah, terjangkau dan andal untuk diterapkan di pulau-pulau kecil atau daerah yang medannya berupa pegunungan, bukit, hutan, dan lain sebagainya. Sistem komunikasi menggunakan media transmisi *wire* tidak mudah untuk diterapkan instalasinya di daerah terpencil karena tekendala medan daerahnya berupa hutan, gunung-gunung sehingga proses instalasinya sangat susah dan membutuhkan biaya yang sangat mahal. Sistem komunikasi dengan media transmisi satelit bisa digunakan karena bisa mencakup daerah yang sangat luas, tetapi memiliki kelemahan tidak cocok untuk diterapkan di daerah yang memiliki penduduk yang sedikit karena biaya untuk menyewa jadi semakin mahal. Bila diimplementasikan untuk daerah yang memiliki penduduk yang sangat banyak cocok karena untuk biaya menyewa jadi semakin murah sehingga sistem komunikasi tersebut tidak ekonomis. Sistem komunikasi HF merupakan sistem komunikasi yang dapat menjangkau jarak yang jauh dan hanya menggunakan faktor alam sebagai media transmisinya sehingga untuk biaya yang dikeluarkan relatif murah dan instalasinya tidak susah untuk diterapkan di daerah-daerah terpencil [1].

Sistem komunikasi HF yang memiliki band frekuensi 3-30 MHz banyak sekali diminati oleh banyak peneliti sistem komunikasi selama bertahun-tahun ini karena dapat menjangkau jarak yang jauh [2,3], sehingga sistem komunikasi HF ini banyak sekali digunakan baik oleh pihak militer maupun sipil [3], dan juga bisa digunakan untuk sistem komunikasi alternatif bila terjadi bencana alam maupun untuk akses ke daerah-daerah *remote*. Sistem komunikasi HF untuk

media perambatan gelombangnya memanfaatkan faktor alam yaitu lapisan Ionosfer.

Lapisan Ionosfer merupakan lapisan Atmosfer Bumi yang sifatnya bergantung pada kondisi yang terjadi di ruang Antariksa, salah satu contohnya adalah radiasi Matahari. Lapisan ini memiliki 3 lapisan yaitu, Lapisan D, Lapisan E, dan Lapisan F yang merupakan media yang memantulkan gelombang HF. Lapisan F memiliki sifat saat siang hari menjadi 2 lapisan yaitu, lapisan  $F_1$  dan Lapisan  $F_2$  bahkan pada daerah yang mendekati garis *Equator* bisa sampai Lapisan  $F_3$ , sedangkan pada malam hari Lapisan F ini menjadi satu kembali hanya Lapisan F saja. Ionosfer ini memiliki variasi waktu yaitu seperti variasi jam, variasi bulanan, dan variasi tahunan, dan variasi 11 tahunan [4].

Pada daerah *Equatorial* seperti halnya di negara Indonesia, terdapat fenomena yang dapat mengganggu sistem komunikasi HF yaitu *ESF (Equatorial Spread-F)*. Fenomena ini merupakan penyebaran Lapisan F dan terjadi pada malam hari dan efek dari fenomena ini adalah terjadinya variasi *delay (Delay Spread)* pada sisi penerima. Untuk variasi delay itu sendiri bergantung pada seberapa besar penyebaran Lapisan F [5]. Selain itu, Di daerah Khatulistiwa sering juga terjadi anomali pada pagi hari menjelang matahari terbit dan juga pada sore hari menjelang matahari terbenam. Anomali ini akan meningkat ketika terjadi peningkatan aktifitas matahari dan *Equinoxes* yaitu ketika matahari melintasi daerah Khatulistiwa. Hal ini ditandai dengan adanya peningkatan kerapatan elektron yang sehingga ketinggian dari lapisan Ionosfer menjadi rendah bila dibandingkan di *Equator* lintang geomagnetik [2]. Namun, tidak hanya fenomena *ESF* dan anomali itu saja yang dapat mengganggu sistem komunikasi HF, ada juga karena karakteristik Ionosfer yang tidak ideal seperti, terjadinya distorsi, cepatnya variasi waktu kanal, efek propagasi yang dinamis, tingkat interferensi yang tinggi dan juga terjadinya fading yang menyebabkan redaman yang terjadi ada link [3,6].

Pada penelitian sebelumnya yaitu sistem komunikasi *cooperative* menggunakan *Automatic Link Establishment (ALE)* tetapi tidak mempertimbangkan bagaimana karakteristik dari link yang digunakan hanya saja menampilkan hasil kinerja sistem *cooperative* dalam bentuk BER [7]. Ada juga



yang menggunakan simulasi FDTD untuk mendapatkan model spasial struktur dari *lowest* lapisan Ionosfer dimana hasil modelnya akan diverifikasi dengan parameter dari lapisan tersebut pada daerah Mid-Latitude dengan menggunakan 3 frekuensi yang berbeda dengan *range* MF (Medium Frequency) [8]. Pada penelitian yang dilakukan di Australia dan Papua New Guinea yaitu korelasi spasial deviasi dari  $f_0F2$  untuk model Ionosfer secara global. Disini di jelaskan bahwa untuk sistem spasialnya orientasinya hanya utara-selatan, barat dan timur saja dan untuk mendapatkan parameter dari  $f_0F2$  menggunakan pengukuran menggunakan Ionosonde dilakukan selama 24 jam dan memperhatikan saat *winter* dan *low solar activity*[9].

Tujuan dilakukannya pemodelan variasi spasial adalah untuk mendapatkan karakteristik dari lapisan Ionosfer dalam fungsi jarak dan sudut berupa berupa redaman equivalen yang merupakan redaman pengganti untuk menggambarkan kondisi redaman yang terjadi pada setiap link dengan mode propagasi dari 1F sampai 6F. Redaman ini digunakan sebagai dasar penunjang penelitian selanjutnya pada sistem komunikasi *cooperative* HF seberapa besar redaman yang dapat menyebabkan suatu link tidak dapat digunakan untuk sistem komunikasi HF sehingga membutuhkan alternatif link atau relay untuk bisa samapi pada dtujuan sistem komunikasi.

Pada penelitian ini telah dilakukan untuk mendapatkan model variasi spasial lapisan Ionosfer yaitu berupa redaman dimana memanfaatkan parameter ketinggian virtual pada Lapisan-F ( $h'f$ ) yang didapat dengan pengukuran menggunakan alat ionosonde yang dioperasikan oleh LAPAN dalam fungsi jarak dan sudut. Data parameter yang digunakan pada tahun 2010-2013 lalu dikorelasikan pada setiap link yang terbentuk antara dua titik lokasi ionosonde pada keenam titik lokasi ionosonde yaitu Kototabang, Tanjungsari, Pontianak, Manado, Kupang, dan Biak. Model yang didapat yaitu model polinomial yang dimana setiap jam selama 24 jam memiliki model polynomial yaitu kisaran polynomial (1,1), polynomial (2,1), polynomial (2,2), polynomial (3,1). Berdasarkan model yang berbeda digunakan untuk membangkitkan ketinggian virtual pada link yang terletak di sekitar lokasi yang terpasang Ionosonde, sehingga, pada akhirnya selama 24 jam itu jugasetiap link memiliki nilai redaman

ekivalen yang berbeda-beda dan ketika redaman antara dua link yang berbeda dikorelasikan dan sebagai link referensi adalah Surabaya-Merauke maka setiap jam memiliki nilai koefisien korelasi yang bervariasi dengan rentang antara -0,7 samapai 0,5 dan memiliki distribusi Normal. Model variasi spasial seperti ini belum pernah diusulkan oleh peneliti lain. Jika dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya yaitu sistem komunikasi HF *cooperative* Surabaya-Merauke, maka setiap jam memiliki link alternative yang berbeda-beda.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah untuk mendapatkan model karakteristik spatial Ionosfer untuk sistem komunikasi HF di daerah *Equatorial* yaitu:

1. Berapakah besar korelasi ketinggian virtual Lapisan-F ( $h'f$ ) pada link yang menghubungkan keenam titik lokasi ionosonde (Kototabang, Tanjungsari, Pontianak, Manado, Kupang, dan Biak) selama 24 jam?
2. Bagaimana bentuk model karakteristik spatial lapisan Ionosfer?
3. Berapakah besar korelasi redaman ekivalen antara dua link yang berbeda dengan link referensi Surabaya-Merauke selama 24 jam?
4. Bagaimana bentuk distribusi redaman pada masing-masing link Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang?

## 1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan-batasan masalah yang dibahas dalam penelitian pemodelan karakteristik spatial Ionosfer untuk sistem komunikasi HF di daerah *Equatorial*, sebagai berikut:

1. Data *ionogram* Kototabang, Tanjungsari, Pontianak, Manado, Kupang, dan Biak berdasarkan hasil pengukuran ionosonde dari LAPAN.
2. Frekuensi yang digunakan adalah 7 MHz.
3. Pengukuran Ionosonde dilakukan selama 24 jam dengan interval 1 jam, setiap hari selama 4 tahun dari 2010-2013.

4. Estimasi jarak pantulan untuk menghitung redaman mode propagasi 1F sampai 6F.

#### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian pemodelan karakteristik spatial Ionosfer di daerah Equatorial adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik spatial Ionosfer berdasarkan pengukuran ionosonde, dengan membentuk link yang menghubungkan antara tempat-tempat yang terdapat ionosonde yaitu, Pontianak, Tanjungsari, Manado, Kupang, Kototabang, Biak.
2. Mendapatkan hubungan model yang dibuat berdasarkan pengukuran ionosonde terhadap redaman pada link dimana pada link tersebut terdapat ionosonde yang mengukur parameter lapisan Ionosfer.
3. Sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya yaitu tentang sistem komunikasi cooperative HF.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan proposal thesis ini dijabarkan dalam 4 bab, dengan sistematika sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang permasalahan, perumusan dan batasan masalah, serta tujuan dari penelitian yang akan diajukan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang teori dan tinjauan pustaka sebagai pendukung penelitian ini, Mulai membahas dari sistem propagasi menggunakan skywave hingga karakteristik dan parameter-parameter yang digunakan dalam pemodelan karakteristik spasial dari Ionosfer.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang metodologi penelitian yang akan diajukan dalam menyelesaikan thesis. Pengolahan korelasi parameter-parameter lapisan F Ionosfer, pengolahan data

pengukuran link antara Surabaya-Merauke, pengolahan data untuk mendapatkan redaman yang terjadi antara link Surabaya-Merauke.

#### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Berisi tentang hasil –hasil pengolahan data parameter ketinggian virtual ( $h'f$ ) Ionosfer yang didapat dari pengukuran Ionosonde oleh LAPAN yang telah dilakukan untuk penyelesaian penelitian ini.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang penarikan kesimpulan pada penelitian yang telah dilakukan dan juga diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *High Frequency (HF)*

*High frequency* berdasarkan rekomendasi ITU memiliki band frekuensi gelombang radio elektromagnetik berkisar antara 3-30 MHz [10]. Sistem komunikasi dengan menggunakan frekuensi HF ini banyak dimanfaatkan untuk komunikasi jarak jauh karena menggunakan sistem propagasi *skywave* dimana sistem propagasi ini memanfaatkan lapisan Ionosfer untuk memantulkan gelombang yang dikirimkan menuju ke Bumi kembali.

Tabel 2.1 Spektrum Radio[11].

Nama Frekuensi	Singkatan	Range Frekuensi
Extremely Low Frequency	(ELF)	< 30 kHz
Very Low Frequency	(VLF)	3 – 30 kHz
Low Frequency	(LF)	30 – 300 kHz
Medium Frequency	(MF)	300 – 3000 kHz
High Frequency	(HF)	3 – 30 MHz
Very High Frequency	(VHF)	30 – 300 MHz
Ultra High Frequency	(UHF)	300 – 3000 MHz
Super High Frequency	(SHF)	3000 – 30000 MHz

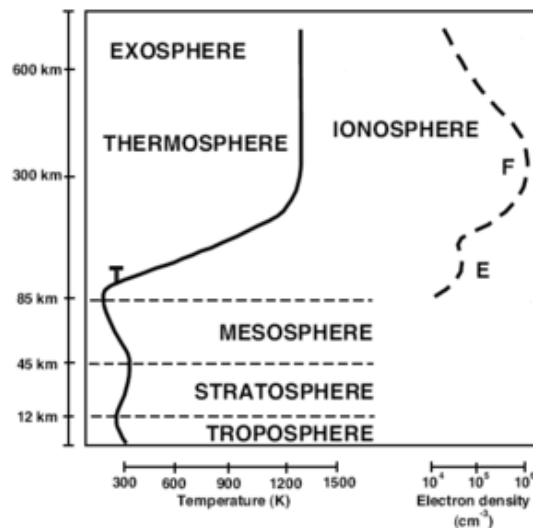
Banyak aplikasi-aplikasi sistem komunikasi yang menggunakan sistem komunikasi yang menggunakan frekuensi gelombang HF, yaitu:

1. Sistem komunikasi fixed antara dua titik, misalnya sirkuit point-to-point HF.
2. Sistem komunikasi mobile antara station. Maksudnya untuk digunakan secara sementara ketika bergerak atau selama berhenti pada point yang ditentukan atau antara station tersebut dan fixed station.
3. Komunikasi radio *Aeronautical* mobile, yaitu antara station di darat dengan pesawat atau antara pesawat.
4. Komunikasi radio maritim mobile antar station pantai dengan kapal atau antar kapal.
5. Broadcasting.

6. Untuk para penggemar sistem komunikasi radio amatir.

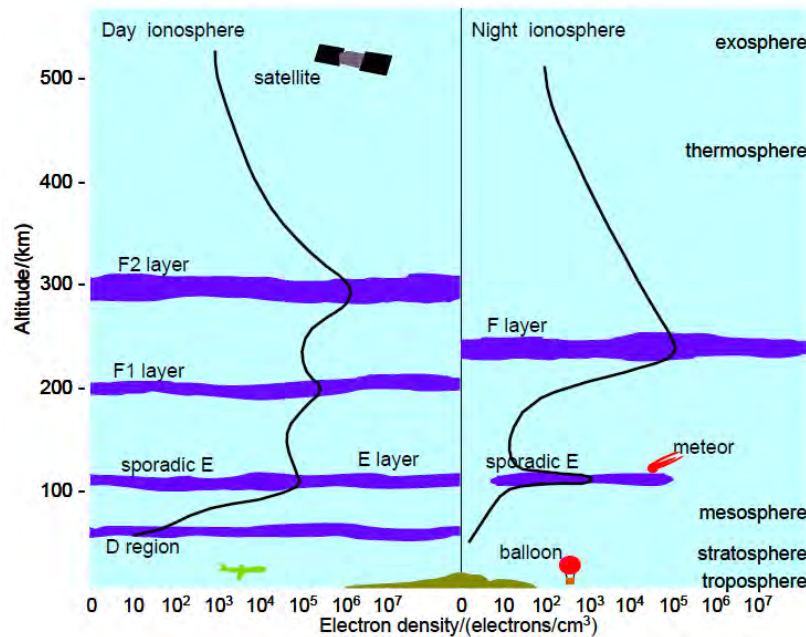
## 2.2 Lapisan Ionosfer

Ionosfer adalah bagian Atmosfer Bumi yang terionisasi oleh radiasi Matahari. Lapisan ini berperan penting bagi sistem komunikasi HF karena sebagai media pemantulan gelombang radio yang dipancarkan menuju ke Bumi kembali. Perubahan lapisan Ionosfer ini dipengaruhi oleh keadaan alam yang terjadi disekitar lapisan tersebut, misalkan aktivitas Matahari, meteor, dan benda-benda angkasa lainnya. Bentuk lapisan Ionosfer dalam susunan lapisan Atmosfer Bumi dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Lapisan Ionosfer dalam Susunan Lapisan Atmosfer Bumi [12].

Lapisan Ionosfer dapat dibagi dalam 3 layer (lapisan), yaitu lapisan-D, lapisan-E dan Lapisan-F. Pada kondisi tertentu misalnya pada daerah *Low Latitude* atau daerah yang dekat dengan *Equatorial* memiliki keunikan tersendiri pada lapisan F. Pada daerah tersebut ketika siang hari Lapisan-F terbagi menjadi 2 lapisan lagi Lapisan-F<sub>1</sub>, dan Lapisan-F<sub>2</sub>, tetapi bahkan pada kondisi tertentu Lapisan-F bisa terbagi sampai Lapisan-F<sub>3</sub>. Untuk kondisi malam hari akan kembali menjadi satu hanya Lapisan-F saja. Untuk lapisan pembagian Ionosfer dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pembagian lapisan Ionosfer [13].

### 2.2.1 Lapisan D

Lapisan-D adalah lapisan terendah dari lapisan Ionosfer. Lapisan ini adalah bagian yang relatif padat dari Atmosfer sekitar 30 sampai 50 kilometer di atas permukaan Bumi. Lapisan-D ini bersifat absorpsi sehingga mengganggu karena banyak menyerap daya yang menuju ke lapisan F untuk di pantulkan kembali ke Bumi. Atom di Lapisan-D yang terionisasi terutama oleh sinar-x. Ionisasi Lapisan-D dengan demikian akan meningkat pesat setelah pijaran sinar surya sebagai sinar-x yang dihasilkan oleh flare mencapai Bumi.

Ion-ion dan elektron bebas yang terbentuk di Lapisan-D cepat bergabung kembali untuk membentuk atom netral. Jumlah ionisasi di lapisan ini bervariasi tergantung pada seberapa banyak radiasi sinar-x sampai ke lapisan. Ionisasi lapisan D maksimum sekitar tengah hari waktu. Saat Matahari terbenam, Lapisan-D biasanya telah menghilang.

Lapisan-D tidak efektif dalam pemantulan sinyal radio HF kembali ke Bumi. Efek utama Lapisan-D pada sistem komunikasi HF adalah untuk menyerap energi dari gelombang radio. Jumlah penyerapan sebanding dengan jumlah tingkat ionisasi Lapisan-D. Semakin banyak ionisasi, semakin banyak energi gelombang

radio kehilangan ketika mereka melalui Lapisan-D. Penyerapan sering terjadi pada tengah hari. Penyerapan Lapisan-D meningkat pesat setelah besarnya pancaran surya, serta mengganggu komunikasi HF sampai beberapa jam.

### 2.2.2 Lapisan E

Lapisan-E terjadi pada ketinggian sekitar 60 sampai 70 kilometer di atas Bumi. Pada ketinggian ini, Atmosfer cukup padat sehingga ionisasi tidak berlangsung lama. Hal ini membuat propagasi HF yang normal melalui lapisan E terjadi hanya pada siang hari. Lapisan-E mencapai ionisasi maksimum sekitar tengah hari, dan pada sore hari tingkat ionisasi sangat rendah.

Pada Lapisan-E di malam hari terjadi sporadis E (bercak tipis karena tambahan ionisasi) disebabkan oleh meteor. Beberapa pantulan radio mengalami kesulitan melakukan pantulan di lapisan E ketika terjadi sporadis

Untuk mendapatkan nilai frekuensi kritis dari Lapisan-E ( $f_0E$ ) dapat dilihat pada persamaan (2.1) [11].

$$f_0E = 0,9[(180 + 1,44R_{12})\cos X]^{0,25} \quad (2.1)$$

dimana:

- $f_0E$  : Frekuensi kritis pada lapisan E.
- $R_{12}$  : Rata-rata 12 sunspot number dalam 12 bulan.
- $X$  : Solar zenith angle.

### 2.2.3 Lapisan F

Lapisan-F adalah lapisan Ionosfer yang dapat digunakan untuk sistem komunikasi HF. Lapisan ini sebenarnya adalah sebuah kawasan yang sangat luas dari sekitar 100 sampai 260 mil di atas Bumi, tergantung pada musim tahun ini, lintang, waktu hari dan aktivitas Matahari.

Lapisan-F terionisasi oleh energi sinar Matahari yang sangat besar. Ionisasi mencapai maksimum segera setelah tengah hari waktu



setempat, dan berangsur-angsur berkurang secara bertahap ke arah Matahari terbenam. Pada ketinggian ini, Atmosfer Bumi sangat tipis sehingga ion dan elektron bergabung kembali dengan sangat lambat. Akibatnya, Lapisan-F tetap terionisasi sepanjang malam, mencapai minimum sebelum matahari terbit. Setelah matahari terbit, ionisasi meningkat pesat selama beberapa jam pertama. Sepanjang pagi itu terus meningkat, tetapi pada tingkat yang lebih lambat, mencapai maksimum lama setelah tengah hari.

Pada siang hari, Lapisan-F terbagi menjadi dua bagian, F1 dan F2 bahkan pada daerah tertentu contohnya pada daerah *Equatorial* seperti di Indonesia Lapisan-F pada siang hari bisa terbagi hingga F3, dengan daerah pusat pada ketinggian masing-masing sekitar 140 dan 200 mil. Ketinggian ini bervariasi dengan musim tahun (time variants). Pada tengah hari di musim panas Lapisan-F2 bisa mencapai ketinggian 300 mil. Pada malam hari, dua lapisan bergabung kembali untuk membentuk Lapisan-F saja pada sekitar 180 mil di atas Bumi. Untuk mendapatkan frekuensi kritis pada Lapisan-F2 dengan melakukan pengukuran menggunakan perangkat yang diberi nama Ionosonde. Untuk mendapatkan frekuensi kritis dari lapisan F1 ( $f_0F1$ ) dapat dilihat pada persamaan (2.2) [11].

$$f_0F1 = (4,3 + 0,01R_{12})\cos^{0,2} X \quad (2.2)$$

Dimana:

$f_0F1$  : Frekuensi kritis dari lapisan F1.

$R_{12}$  : Rata-rata sunspot number dalam 12 bulan.

$X$  : Solar zenith angle.

Lapisan-F1 tidak memberikan kontribusi banyak untuk komunikasi jarak jauh. Hal ini cenderung untuk bertindak mirip dengan Lapisan-E. Lapisan-F2 bertanggung jawab untuk komunikasi jarak hampir semua panjang di HF band radio amatir.

#### 2.2.4 Karakteristik Lapisan F2

Representasi numerik median bulanan karakteristik Ionosfer  $f_0F2$  dan  $M(3000)F2$ , untuk nilai-nilai indek surya  $R_{12} = 0$  dan 100, dan untuk setiap bulan yang diambil dari Rekomendasi ITU-R P.1239 di mana medan magnet dievaluasi pada ketinggian 300 km. Representasi ini digunakan untuk menentukan nilai-nilai ini untuk waktu yang diperlukan dan untuk titik kontrol yang diberikan dalam Tabel 2.2. Interpolasi linier atau ekstrapolasi diterapkan untuk nilai indeks yang berlaku antara  $R_{12} = 0$  dan 160 (lihat Rekomendasi ITU-R P.371). Untuk aktivitas sunspot yang lebih tinggi,  $R_{12}$  ditetapkan sama 160 dalam kasus  $f_0F2$  saja [14].

Tabel 2.2 Dasar MUF dan Terkait Elektron Gyrofrequency[14].

Panjang Lintasan, D (Km)	E modes	F2 modes
$0 < D \leq 2000$	$M$	$M$
$2000 < D \leq 4000$	$T + 1000, R - 1000$	-
$2000 < D \leq d_{max}$	-	M
$D > d_{max}$	-	$T + \frac{d_0}{2}, R - \frac{d_0}{2}$

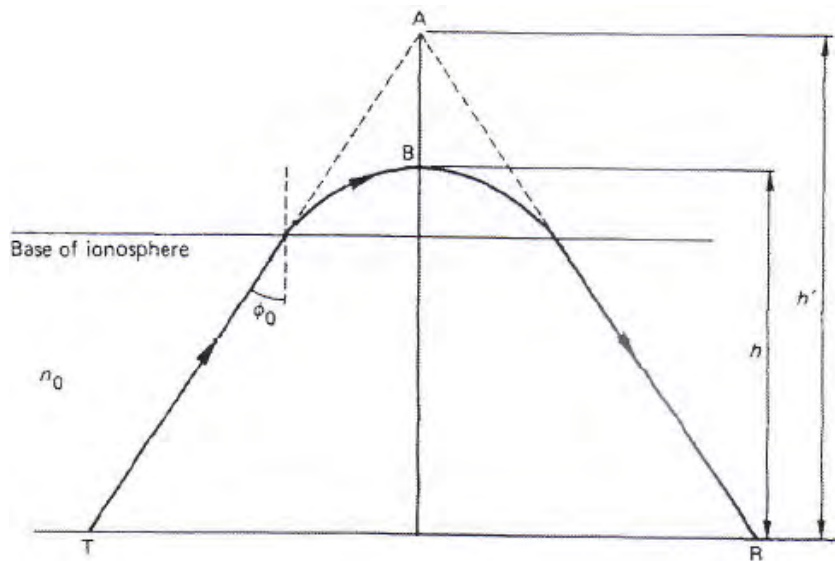
### 2.3 Parameter-Parameter Lapisan Ionosfer

Berdasarkan hasil pengukuran Ionosonde yang berupa Ionogram setelah di scalling akan menghasilkan beberapa parameter-parameter dari lapisan Ionosfer dari ketinggian virtual, frekuensi kritis untuk Lapisan-E dan Lapisan-F dan untuk parameter MUF dapat dihitung dengan penurunan rumus.

#### 2.3.1 Ketinggian Virtual

Karakteristik Ionosfer ditentukan dari pengukuran frekuensi kritis dari berbagai lapisan. Metode yang paling umum adalah bahwa di mana pemancar memancarkan vertikal ke atas dalam pulsa pendek. Sebuah penerima terdekat mengambil kedua sinyal langsung dan yang tercermin dari lapisan Ionosfer dan mengukur perbedaan waktu antara

keduanya. Dari pengukuran ini dihitung ketinggian di mana refleksi berlangsung. Ketinggian sebenarnya yang ditentukan adalah ketinggian virtual ( $h'$ ). Dalam sistem propagasi vertikal, di anggap bahwa tidak terdapat medan magnet dan tabrakan elektron diabaikan. Ketinggian virtual dari pantulan gelombang dengan frekuensi  $F$  layer parabolic dengan frekuensi kritis ( $f_0$ ), dan ketebalan  $y_m$  adalah [11].



Gambar 2.3. Ilustrasi menggambarkan ketinggian virtual Ionosfer[10].

$$h' = h_0 + FY_m \quad (2.3)$$

dimana :

$$F = \frac{1}{2}x \ln \frac{1+x}{1-x} \quad (2.4)$$

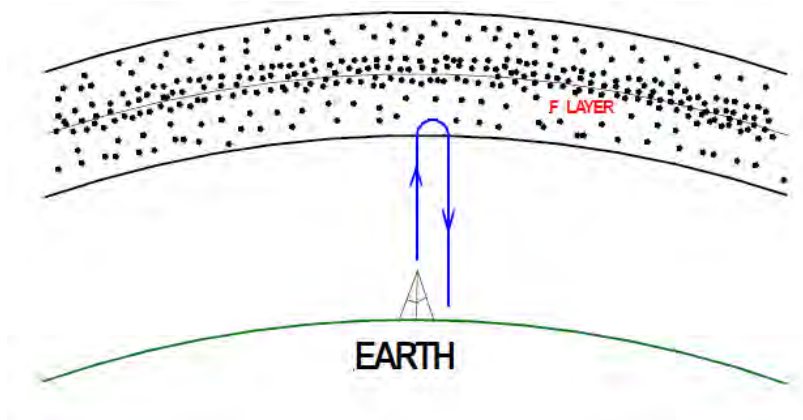
$$x = \frac{f}{f_0} \quad (2.5)$$

Nilai  $f_0$  dan  $h'$  dapat diperoleh melalui Ionogram hasil pengukuran Ionosonde.

### 2.3.2 Frekuensi Kritis

Frekuensi kritis adalah frekuensi tertinggi gelombang yang dapat dipantulkan kembali oleh Ionosfer, dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Frekuensi kritis bervariasi sesuai dengan siklus sunspot, musiman, dengan garis lintang stasiun pemancar, dan tingkat ionisasi lapisan F sepanjang hari. Frekuensi kritis pada tingkat terendah terjadi sebelum matahari terbit. Selama minimum sunspot, frekuensi kritis bisa turun ke level 1 sampai 2 MHz. Frekuensi kritis meningkat pesat setelah Matahari terbit, mencapai maksimum pada saat setelah tengah hari waktu setempat. Ketika pada daerah zona Khatulistiwa, frekuensi kritis akan jauh lebih tinggi. Frekuensi kritis dapat diperoleh dari hubungan antara *oblique* dan frekuensi vertikal seperti pada persamaan (2.6) [11].



Gambar 2.4 Ilustrasi untuk Mendapatkan Frekuensi Kritis.

$$f_0 = f_v \sec \phi_0 \quad (2.6)$$

$$= f_v \left[ 1 + \left( \frac{D}{2h'} \right)^2 \right]^{1/2}$$

dimana:

- $D$  : Jarak (Km).  
 $h'$  : Ketinggian Vertikal (Km).  
 $f_v$  : Frekuensi Vertikal (MHz).

### 2.3.3 MUF (*Maximum Usable Frequency* )

*Maximum Usable Frequency (MUF)* adalah frekuensi tertinggi yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara dua lokasi. Semua frekuensi yang lebih rendah daripada *MUF* dapat juga berpotensi untuk komunikasi antara dua lokasi.

Ada juga frekuensi terendah yang dapat digunakan. Semua frekuensi di bawah frekuensi terendah yang dapat digunakan diserap oleh Lapisan-D dan dengan demikian tidak dapat digunakan untuk komunikasi. Terkadang selama periode minimum sunspot, frekuensi terendah yang dapat digunakan bisa lebih tinggi dari *Maximum Usable Frequency*. Ketika ini terjadi, mungkin tidak ada komunikasi antara dua lokasi. Komunikasi Regional sesekali berjalan dalam hal ini selama sore hari saat aktivitas sunspot adalah minimal.

Sebagai contoh, komunikasi pada jarak 40 meter (7,230 MHz) antara stasiun berada dalam jaringan yang sangat buruk dapat didengar oleh beberapa stasiun. *Maximum Usable Frequency* untuk beberapa stasiun bawah frekuensi tinggi. Switch berkurang menjadi 75 meter (3.960 MHz) dalam upaya untuk mencapai komunikasi yang lebih baik. Frekuensi 75 meter yang berada di bawah *Maximum Usable Frequency*. Untuk semua stasiun yang berpartisipasi, dan harus dengan demikian menjadi pilihan yang baik. Namun, semua sinyal pada band 75 meter yang sedang diserap oleh Lapisan-D, sehingga tidak ada komunikasi mungkin ada baik. Persamaan *MUF* dapat dilihat pada persamaan (2.7).

$$MUF = \frac{f_0}{\sin \alpha} \quad (2.7)$$

dimana:

- $f_0$  : Frekuensi kritis pada komunikasi setiap waktu.

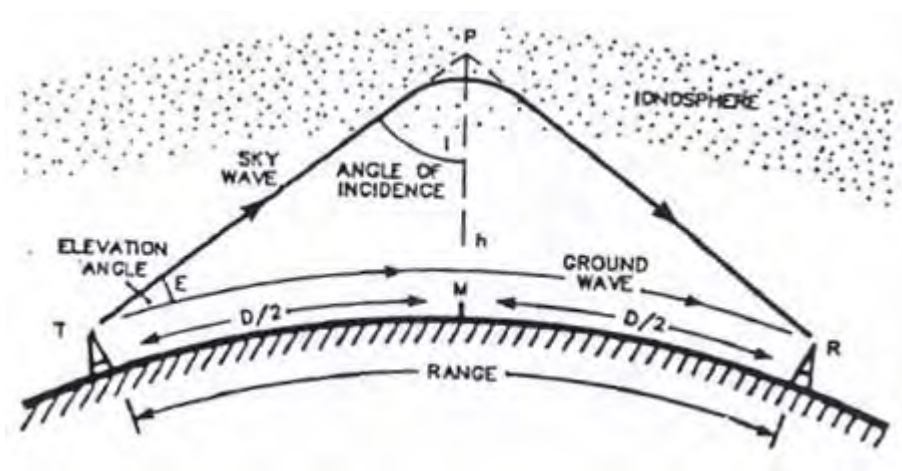
$\alpha$  : Sudut elevasi dari sinyal yang memancar dari antena transmisi relatif terhadap ground.

## 2.4 Propagasi Gelombang Radio HF

Pada dasarnya pada sistem komunikasi HF mempunyai dua sistem propagasi gelombang radio HF, yaitu propagasi dengan *groundwave* dan propagasi dengan menggunakan *skywave*. Propagasi *skywave* terdiri dari banyak mode yang dipengaruhi oleh ketebalan lapisan Ionosfer, besarnya jarak antara titik pengirim informasi dan titik penerima, frekuensi yang digunakan yang nantinya dapat terjadi daerah *skip zone* pada sistem propagasi ini. Propagasi gelombang HF dapat dilihat pada Gambar 2.5 [2].

### 2.4.1 Propagasi Groundwave

Propagasi gelombang radio HF dengan menggunakan sistem *groundwave* terjadi ketika perambatan gelombang radio dari sisi transmitter (Tx) menuju ke sisi receiver (Rx) mengalami proses pemantulan oleh objek-objek dari permukaan Bumi seperti gedung, gunung, pepohonan dan lain-lain. Jarak tempuh propagasi *groundwave* bergantung terhadap kepada konduktifitas, permeabilitas dan topografi permukaan bumi yang dilewatinya. Untuk permukaan datar yang kering jarak jangkanya hanya beberapa puluh kilometer, sedangkan untuk permukaan berupa lautan jarak jangkanya bisa mencapai ratusan kilo meter[15].



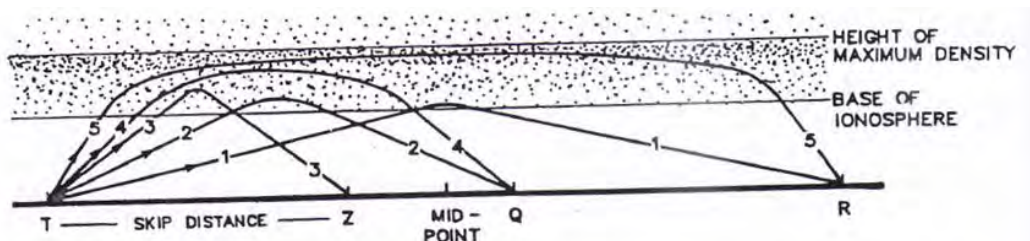
Gambar 2.5. Propagasi Gelombang HF [2].

### 2.4.2 Propagasi Skywave

Propagasi gelombang radiodengan menggunakan skywave terjadi ketika pada sisi transmitter (Tx) menuju ke sisi receiver (Rx) mengalami proses pemantulan oleh lapisan Ionosfer pada lapisan F2. Propagasi ini mampu menjangkau jarak hingga ribuan kilometer sehingga terkadang disebut juga propagasi jarak jauh [15]. Pada sistem propagasi dengan *skywave* terdapat dua mode *single hop* atau satu kali pantulan dan *multi hop* atau banyak pantulan. Mode *single hop* akan terjadi ketika jarak propagasi yang ditempuh antara 300-2300 Km, sedangkan untuk yang mode *multi hop* antara 2300-4500 Km itu memiliki mode *double hop*, dan >4500 Km memiliki mode lebih dari *double hop* [16].

### 2.4.3 Daerah Skip Zone

Sistem komunikasi HF dengan menggunakan mode propagasi skywave dipengaruhi juga oleh frekuensi yang digunakan. Frekuensi yang digunakan tidak boleh lebih dari MUF. Setiap perubahan variasi Ionosfer pasti akan diikuti oleh perubahan frekuensi kritis dimana frekuensi ini adalah frekuensi maksimum yang dapat digunakan untuk sistem komunikasi HF *skywave*. Sebagai contoh jika Ionosfer memiliki  $f_0$  sebesar 10 MHz dan ada suatu pengirim melakukan komunikasi HF dengan menggunakan frekuensi 20 MHz maka sisitem ini dapat menjangkau kisaran 1000 Km atau lebih dan tidak dapat menjangkau kurang dari 1000 Km, maka daerah yang kurang dari 1000 Km disebut dengan daerah *skip zone* , Gambar 2.6[2].



Gambar 2.6 Ilustrasi Daerah Skip Zone [2].

## 2.5 Permasalahan pada Sistem Komunikasi HF

Pada sistem komunikasi HF banyak sekali fenomena dari lapisan Ionosfer yang mengganggu, dimana lapisan Ionosfer difungsikan sebagai kanal dalam sistem komunikasi ini. Fenomena-fenomena yang terjadi pada lapisan Ionosfer lebih banyak disebabkan karena aktifitas dari Matahari.

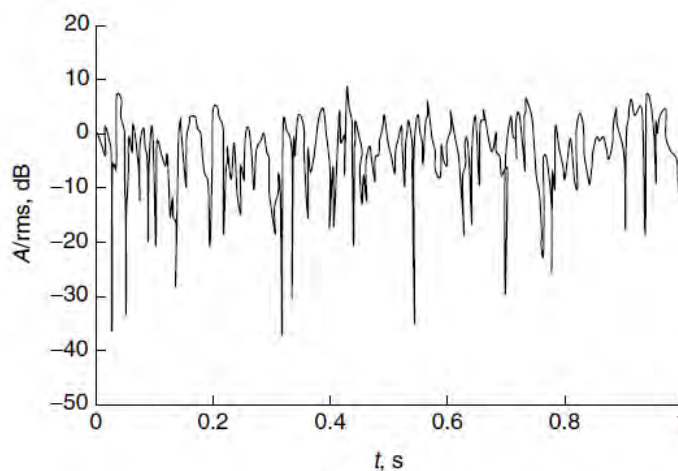
### 2.5.1 Fading

Fading merupakan besarnya signal yang naik dan turun secara berulang yang merepresentasikan semakin kuat atau melemahnya signal. Fading terdiri dari dua yaitu *fast fading* dan *slow fading* dan itu di gambarkan dengan dangkal atau dalamnya fading yang terjadi. Kecepatan fading dipengaruhi oleh perubahan frekuensi. Pada umumnya, *fast fading* sangat mengganggu pada sistem komunikasi HF dibandingkan dengan *slow fading* di karenakan besarnya noise yang terjadi melebihi dari level signal yang diterima dan menyebabkan signal tersebut hilang, sedangkan untuk *slow fading* masih bisa diterima pada sistem komunikasi ini. Pada dasarnya agar tidak terjadi *fast fading*, dengan membuat besarnya level signal berbeda di atas rata-rata level noise, sehingga pada link budget harus mempertimbangkan hal ini dengan menambahkan *fading margin*. Jika syarat dari *fading margin* terpenuhi maka secara langsung perubahan amplitudo akan dihilangkan dengan menggunakan rangkaian AGC (*Automatic Gain Control*)[2]. Salah satu contoh bentuk fading dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Fading mungkin bisa disebabkan oleh keempat penyebab dibawah ini, yaitu:

1. Pergerakan dari lapisan Ionosfer dan perubahan dari panjang lintasan propagasi.
2. Perputaran dari polarisasi gelombang.
3. Variasi absorpsi dari lapisan Ionosfer.
4. Menghilangnya sinyal dan ketidak fokus lintasan yang sampai pada penerima disebabkan karena besarnya penurunan MUF dibawah frekuensi operasinya.

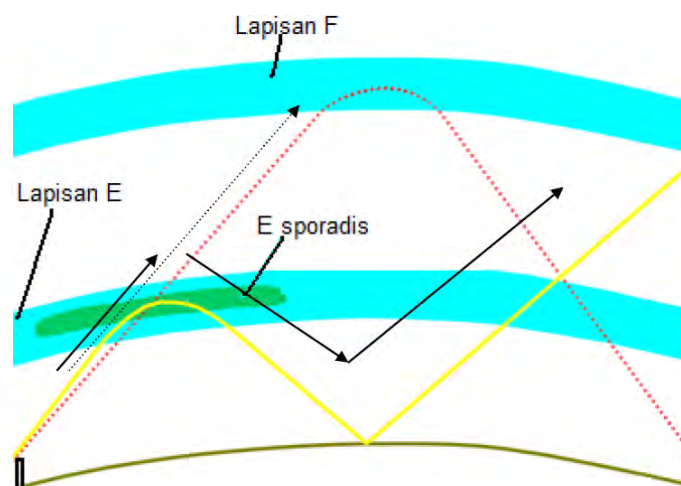




Gambar 2.7 *Deviation Signal Real Temporal* pada Kanal *Multipath* dan Fading [17].

### 2.5.2 *Sporadic-E*

Salah satu ketidak teraturan pada lapisan Ionosfer yang dapat mengganggu sistem komunikasi HF adalah munculnya *sporadic-E* yang disebabkan karena meningkatnya kerapatan elektron di lapisan E. Gangguan yang disebabkan karena *sporadic-E* ini menyebabkan dimana pengiriman sinyal dari pemancar ke penerima yang seharusnya di pantulkan pada lapisan F, namun karena munculnya *sporadic-E* sangat besar maka sinyal di pantulkan oleh *sporadic-E* sehingga jarak jangkanya berubah sehingga tidak dapat sampai pada penerima. Ilustrasi tersebut dapat di gambarkan pada Gambar 2.8 [17, 18].



Gambar 2.8 Ilustrasi gangguan dikarenakan *sporadic-E* [17].

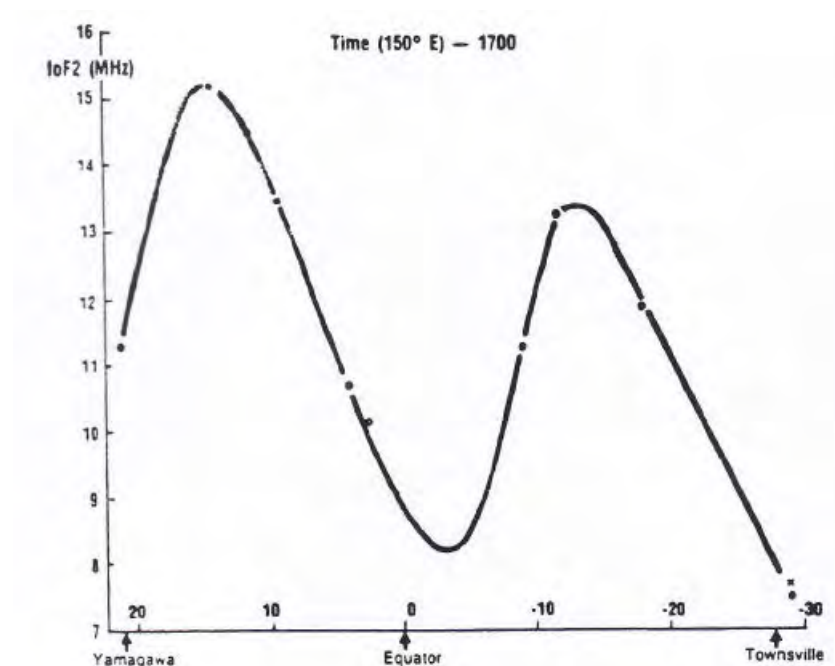
### 2.5.3 ESF (*Equatorial Spread-F*)

Dari hasil pengamatan Ionosfer dengan menggunakan Ionosonde pada berbagai tempat menunjukkan adanya ketergantungan kejadian *spread F* terhadap lintang *geomagnetik*, yaitu bahwa probabilitas kejadian *spread F* terbesar berada pada dua daerah, pertama di daerah *High Latitude*, dan yang kedua di daerah *Equatorial*. Fenomena ketidak mantapan plasma ini khususnya yang terjadi di daerah sekitar *Equatorial* disebut *Equatorial Spread-F (ESF)*. Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa kejadian *ESF* mencapai maksimum pada saat *Equinoxes* terjadi pada bulan Maret dan September [2,19].

Pola *ESF* tipe rangenya di pengaruhi oleh konduktivitas lapisan E secara keseluruhan. Gangguan ini umumnya terjadi pada malam hari kejadian *ESF* ini awalnya terjadi pada malam antara (18.00-00.00) dan berakhir antara (00.00-06.00). kejadian awal *ESF* disebabkan karena gelombang gravitasi sedangkan pada akhir disebabkan karena gangguan *geomagnetik* [19].

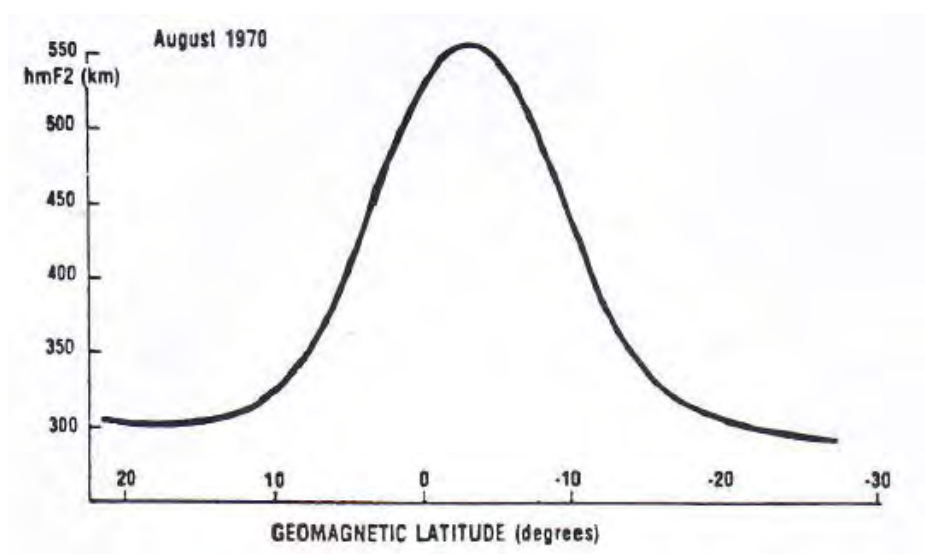
### 2.5.4 Anomali Variasi Ionosfer

Bumi dibagi menjadi 3 zona tempat, yaitu Lintang Rendah, Lintang Tengah dan Lintang Tinggi. Pada dasarnya mungkin terliha Lapisan-F Ionosfer lintang rendah memiliki variasi yang tidak jauh beda dengan Lapisan-F Lintang Tengah dan juga tidak jauh berbeda ketika pada musim panas dan dingin Variasi lapisan Ionosfer dipengaruhi oleh aktifitas langsung dari Matahari yaitu yang menyebabkan perubahan dari kerapatan elektron pada masing-masing lapisan Ionosfer. walaupun demikian sesungguhnya daerah antar Lintang Rendah dan Lintang Tengah berbeda terdapat *fountain effect* yang biasanya disebut efek air mancur yang mana merupakan pendistribusian kembali elektron pada daerah Low Latitude. Kombinasi efek dari medan listrik dan medan magnet pada elektron menyebabkan peningkatan elektron secara drastis . Elektron bergerak ke bawah garis medan dan masuk kembali ke Lapisan Ionosfer yang mana garis-garis medan menembus Lapisan F. Peningkatan ini disebut dengan *Equatorial Anomaly* [2].



Gambar 2.9 Grafik Frekuensi Kritis Lapisan Ionosfer ketika Terjadi Anomali [2].

Peningkatan anomali ini terjadi pada pagi hari sebelum matahari terbit dan sore hari menjelang matahari tenggelam selama terjadi *Equinoxes* bila di Indonesia pada bulan Maret dan September. Terjadinya peningkatan frekuensi kerja diiringi dengan penurunan ketinggian dari lapisan Ionosfer Gambar 2.9 dan 2.10 [2].



Gambar 2.10 Grafik Ketinggian Lapisan Ionosfer ketika Terjadi Anomali [2]

## 2.6 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa beberapa fenomena yang mengganggu sistem komunikasi HF pada daerah *Equatorial*. Fenomena-fenomena tersebut disebabkan karena karakteristik dari Ionosfer yang tidak ideal seperti, terjadinya distorsi, cepatnya variasi waktu kanal, efek propagasi yang dinamis, tingkat interferensi yang tinggi dan juga terjadinya fading yang akan menyebabkan redaman yang terjadi pada link. ketidak idealan karakteristik dari lapisan Ionosfer disebabkan karena faktor alam, salah satunya Matahari. Sebagai contoh solusi untuk mengatasi gangguan-gangguan tersebut seperti yang di jelaskan pada paper yang menjelaskan tentang sistem *cooperative* untuk sistem komunikasi HF dimana pada sistem ini bisa menggunakan *Automatic Link Establishment (ALE)* dengan menerapkan dalam sistem komunikasi tidak hanya terdiri dari satu link saja tetapi bisa menggunakan link-link lainnya sebagai *relay*. Tetapi di dalam paper tersebut tidak menjelaskan mempertimbangkan karakteristik-karakteristik dari masing-masing link baik itu link utama maupun link yang digunakan sebagai *relay*, hanya saja menggambarkan kinerja *ALE* dengan menggunakan grafik yang merepresentasikan nilai *BER* [7]. Dari *performance* tersebut menunjukkan bahwa sistem komunikasi menggunakan sistem *cooperative* makin kecil nilai *BER*nya.

Untuk mendapatkan karakteristik dari masing-masing link tersebut membutuhkan parameter-parameter dari lapisan Ionosfer. Simulasi FDTD untuk mendapatkan model spasial struktur dari *lowest* lapisan Ionosfer dimana hasil modelnya akan diverifikasi dengan parameter dari lapisan tersebut pada daerah Mid-Latitude dengan menggunakan 3 frekuensi yang berbeda dengan *range* MF (Medium Frequency) [8].

Pada penelitian yang dilakukan di Australia dan Papua New Guinea yaitu korelasi spatial deviasi dari  $f_0F2$  untuk model Ionosfer secara global. Disini di jelaskan bahwa untuk sistem spatialnya orientasinya hanya utara-selatan, barat dan timur saja dan untuk mendapatkan parameter dari  $f_0F2$  menggunakan pengukuran menggunakan Ionosonde dilakukan selama 24 jam dan memperhatikan saat *winter* dan *low solar activity*[9].

Untuk metode-metode yang digunakan untuk membuat model karakteristik spatial dari Ionosfer tidak banyak dijelaskan karena dalam sistem komunikasi *cooperative* mereka lebih banyak merepresentasikannya dalam *performance BER* [7].

## 2.7 Metode Statistik yang Digunakan

Ada 3 metode statistik yang digunakan sebagai penunjang yang pertama koefisien korelasi dimana metode ini untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel acak atau lebih yang biasanya di representasikan dalam matrik, yang kedua *polynomial fitting* untuk menggambarkan model dalam persamaan *polynomial*, yang ketiga uji *Kolmogorov-Smirnov* sebagai uji kesamaan antara distribusi empiris terhadap teoritis.

### 2.7.1 Koefisien Korelasi

Korelasi adalah salah satu teknik statistik yang digunakan untuk untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang sifatnya kuantitatif. Keeratan hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya, biasa disebut dengan koefisien korelasi yang ditandai dengan "r". Koefisien korelasi "r" merupakan taksiran dari korelasi populasi dengan kondisi sample normal (acak) [20].

Tingkat keeratan hubungan (koefisien korelasi) bergerak dari 0-1. jika r mendekati 1 (misalnya 0.95) ini dapat dikatakan bahwa memiliki hubungan yang sangat erat. Sebaliknya, jika mendekati 0 (misalnya 0.10) dapat dikatakan mempunyai hubungan yang rendah [21].

Koefisien korelasi mempunyai harga -1 hingga +1. harga -1 menunjukan adanya hubungan yang sempurna bersifat negatif antara kedua variabel. Sedangkan hubungan +1 menunjukan adanya hubungan sempurna positif [20]. Untuk menapatkan hubungan korelasi dapat dilihat pada persamaan 2. [21].

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sqrt{\sigma_X^2 \sigma_Y^2}} \quad (2.8)$$

$$\rho_{XY} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X \sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2.9)$$

dimana:

$X$  : Variabel ke- 1.

$Y$  : Variabel ke- 2.

$n$  : Jumlah data.

Jika terdapat banyak data, maka dapat merepresentasikannya dalam bentuk matriks korelasi. Jika terdapat data berukuran  $m \times n$  merupakan matriks simetris dapat ditulis sebagai berikut [20]:

$$\rho = \begin{bmatrix} \frac{\sigma_{11}}{\sqrt{\sigma_1^2 \sigma_1^2}} & \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_1^2 \sigma_2^2}} & \dots & \frac{\sigma_{1n}}{\sqrt{\sigma_1^2 \sigma_n^2}} \\ \frac{\sigma_{21}}{\sqrt{\sigma_2^2 \sigma_1^2}} & \frac{\sigma_{22}}{\sqrt{\sigma_2^2 \sigma_2^2}} & \dots & \frac{\sigma_{2n}}{\sqrt{\sigma_2^2 \sigma_n^2}} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \frac{\sigma_{m1}}{\sqrt{\sigma_m^2 \sigma_1^2}} & \frac{\sigma_{m2}}{\sqrt{\sigma_m^2 \sigma_2^2}} & \dots & \frac{\sigma_{mn}}{\sqrt{\sigma_m^2 \sigma_n^2}} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

### 2.7.2 Polynomial Fitting.

Model Polynomial pada persamaan (2.11) [22].

$$y = p_0 + p_1x + p_2x^2 + \dots + p_ix^M = \sum_{i=0}^M p_ix^i \quad (2.11)$$

dimana:

$M$  : Orde Polynomial.

$x, x^2, \dots, x^i$  : Variable berubah/ variable tidak tetap.

$p_i$  : Koefisien.

Orde bertujuan untuk memberikan nomer dari koefisien dan derajat menentukan prediksi dari variabel. Polynomial digambarkan dalam derajat. Polinomial sering digunakan untuk mendapatkan model empiris yang sederhana. Model dapat digunakan untuk interpolasi atau ekstrapolasi, atau dapat digunakan untuk pengolahan data secara global.

Kriteria hasil fitting terbaik di tentukan oleh parameter SSE (*Sum Square Error*), R-Square, *degree of Freedom*, RMSE(*Root Mean Square Error*)..

a. SSE (*Sum Square Error*)

Statistik ini mengukur total deviasi nilai respon dari fit dengan nilai-nilai respon. Hal ini juga disebut penjumlahan kuadrat dari residu dan biasanya diberi label sebagai SSE [22].

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2 \quad (2.12)$$

dimana:

$y_i$  : Hasil respon dari Fitting

$y_i'$  : Respon Sesungguhnya

b. R-Square

Statistik ini mengukur seberapa sukses proses fitting dalam menjelaskan variasi data. Dengan kata lain, R-square adalah kuadrat dari korelasi antara nilai respon dan nilai-nilai respon diprediksi. Nilai dari parameter ini jika mendekati 1 dikatakan bahwa hasilnya bagus.

c. *Degree of Freedom*

Statistik ini menggunakan statistik R-square yang didefinisikan di atas, dan menyesuaikan dengan berdasarkan derajat sisa kebebasan. derajat residu kebebasan didefinisikan sebagai jumlah respon nilai  $n$  dikurangi jumlah koefisien dipasang  $m$  diperkirakan dari respon values.

$$v = n - m \quad (2.13)$$

d. RMSE

RMSE merupakan standart error dan untuk mendapatkan nilai RMSE dengan persamaan (2.12).

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (2.14)$$

$$MSE = \frac{SSE}{v} \quad (2.15)$$

### 2.7.3 Uji Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov adalah satu jenis uji distribusi yang sering digunakan untuk menguji distribusi bilangan acak.. Penentuan hasil uji *Kolmogorov-Smirnov Test* ada 2, yaitu [23]:

1. Menentukan hipotesis, dimana:

- $H_0$  : data memiliki distribusi yang diuji/hipotesis diterima.

$$D_n < d$$

- $H_1$  : data tidak memiliki distribusi yang diuji/hipotesis ditolak.

$$D_n \geq d$$

2.  $\alpha$  (*Significan Level*)

Parameter ini digunakan untuk menentukan nilai batas yang nantikan untuk pertimbangan bahwa hipotesis dari hasil KS-Test diterima atau ditolak. Significan level merupakan probabilitas outage.



Penentuan hipotesis dengan menggunakan persamaan (2.14).

$$D_n = \sup_x [F_n(x) - F_0(x)] \quad (2.16)$$

dimana:

$D_n$  : Nilai maksimum dari selisih antara data empiris dan teoritis.

$F_n(x)$  : Distribusi empiris.

$F_0(x)$  : Distribusi teoritis.

Sedangkan nilai batas ( $d$ ) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penentuan Nilai Batas  $d$  Sesuai dengan Significan Level [23].

$d \backslash \alpha$	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0.025</b>	<b>0,01</b>
Nilai batas	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,48}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Dengan melakukan pengujian 2 variabel yaitu CDF hasil pengukuran dengan CDF berdasarkan data pendekatan secara teoritis didapatkan hasil apakah data empiris akan diterima dengan terdistribusi tersebut atau di tolak sesuai dengan tingkat *alpha*.

***(Halaman Sengaja Dikосongkan)***

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

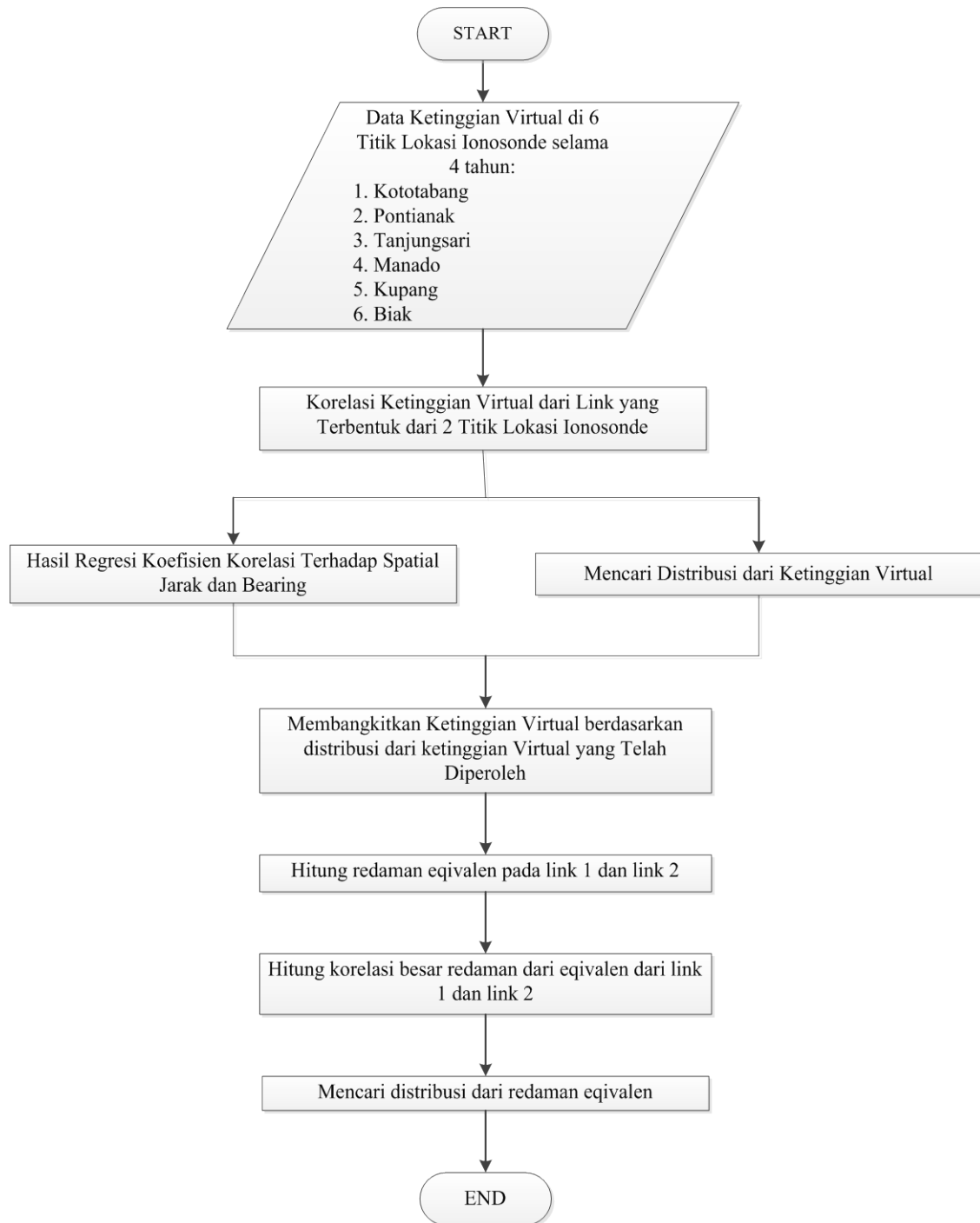
Pada bab 3 ini akan dijelaskan tentang metode-metode penelitian yang telah digunakan untuk mendapatkan karakteristik spasial Ionosfer yang berupa redaman yang terjadi pada setiap link berdasarkan spatial jarak dan sudut dari link tersebut . Pada langkah pertama, Indonesia memiliki 6 buah alat Ionosonde untuk mengukur parameter-parameter dari Ionosfer dimana parameter yang dipakai adalah ketinggian virtual ( $h'$ ) yaitu di Kototabang (Sumatra), Pontianak (Kalimantan), Tanjungsari (Jawa), Manado (Sulawesi), Kupang (NTT), dan Biak (Papua).

Langkah kedua mengkorelasikan parameter ketinggian virtual Lapisan-F ( $h'F$ ) antara dua titik lokasi Ionosonde yang membentuk sebuah link. Selanjutnya, hasil korelasi tersebut diregresi terhadap spatial jarak dan sudut (*bearing*) untuk mendapatkan model dari koefisien korelasi dari ketinggian virtual. Keempat mencari bentuk distribusi dari ketinggian dimana distribusi ini sangat berpengaruh untuk proses selanjutnya yaitu pembangkitan ketinggian virtual untuk bisa mendapatkan redaman ekivalen yang merupakan redaman pengganti untuk menggambarkan kondisi redaman yang terjadi pada setiap link dengan mode propagasi dari 1F sampai 6F pada link dimana redaman ekivalen yang didapat inilah merupakan karakteristik spatial dari Ionosfer pada sistem komunikasi HF. Adapun proses yang sedikit dijelaskan di atas dapat di gambarkan dalam flowchart pada Gambar 3.1 dan akan dijelaskan lebih lengkap pada setiap subbab selanjutnya.

#### **3.1 Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) pada Dua Titik Lokasi Ionosonde**

Pada bab sebelumnya telah banyak dijelaskan tentang lapisan-lapisan Ionosfer di mana pada sistem komunikasi HF menggunakan lapisan F sebagai media pantulan gelombangnya dan setiap lapisan pada Ionosfer memiliki parameter masing-masing terutama untuk ketinggian virtual ( $h'$ ). Pada penelitian

ini menggunakan parameter ketinggian virtual pada lapisan F Ionosfer ( $h'f$ ). Untuk mendapatkan parameter  $h'f$  tersebut dilakukan pengukuran menggunakan Ionosonde.

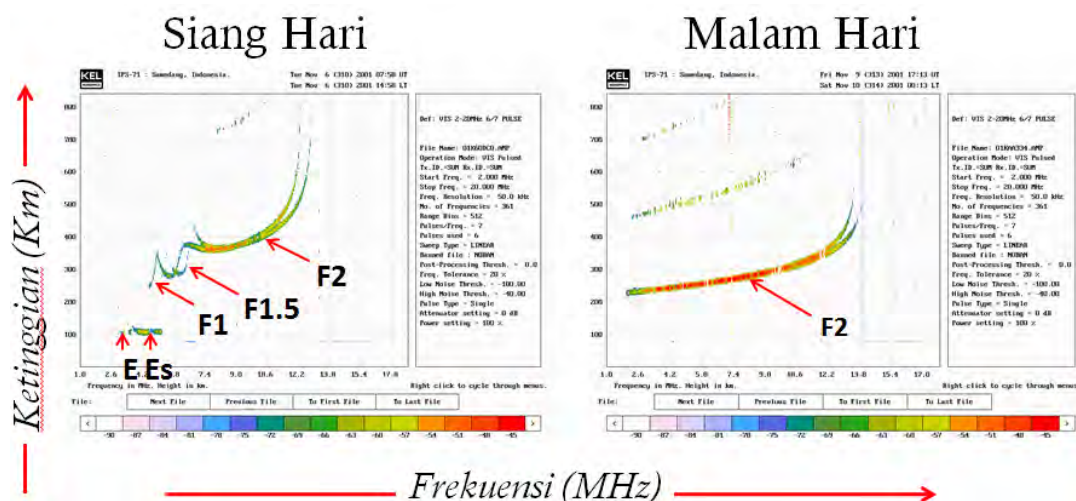


Gambar 3.1. Flow Chart Metode Penelitian.

Di Indonesia terdapat 6 buah Ionosonde yaitu yang terletak di Kototabang (Sumatra Barat), Pontianak (Kalimantan), Tanjungsari (Bandung), Manado (Sulawesi Utara), Kupang (NTT), dan yang terakhir di Biak (Papua) untuk letak lebih detail koordinat geografisnya pada Tabel 3.1 [4]. Keenam Ionosonde tersebut dioperasikan oleh LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa). Output dari Ionosonde berupa *ionogram* yang nantinya diolah oleh LAPAN untuk mendapatkan parameter-parameter Ionosfer pada setiap lapisannya. Gambar 3.2 merupakan contoh gambar *ionogram* pada malam hari dan siang hari, sedangkan Tabel 3.2 merupan contoh tabel parameter ketinggian virtual ( $h'f$ ) hasil pengolahan dari *ionogram*.

Tabel 3.1. Lokasi Geografis Penempatan Ionosonde[4].

Lokasi Ionosonde	Koordinat Bujur	Koordinat Lintang
Kototabang	100,35 <sup>0</sup> BT	0,3 <sup>0</sup> LS
Tanjungsari	107,83 <sup>0</sup> BT	6,91 <sup>0</sup> LS
Pontianak	109,33 <sup>0</sup> BT	0,03 <sup>0</sup> LS
Manado	123,67 <sup>0</sup> BT	10,16 <sup>0</sup> LS
Kupang	124,82 <sup>0</sup> BT	1,34 <sup>0</sup> LU
Biak	136,00 <sup>0</sup> BT	1,00 <sup>0</sup> LS



Gambar 3.2. Ionogram Hasil Pengukuran Ionosonde [4].

Secara umum persamaan model dari koefisien korelasi dari ketinggian virtual ( $h'f$ ) yang merupakan fungsi dari jarak dan *bearing* ditunjukkan pada persamaan (3.1) di bawah ini.

$$\rho_{AB} = g(\Delta\varphi, \Delta\lambda) \quad (3.1)$$

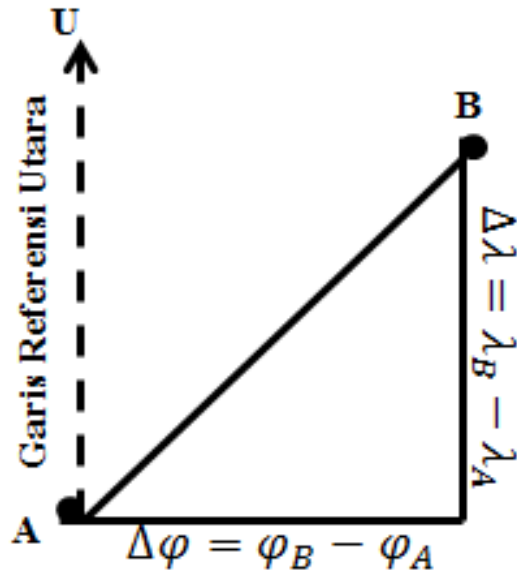
dimana :

- $\rho_{AB}$  : Koefisien korelasi parameter  $h'f$  Ionosfer Antara Titik A dan B.  
 $g(\Delta\varphi, \Delta\lambda)$  : Fungsi selisih garis lintang dan garis bujur.  
 $\Delta\varphi$  : Selisih garis lintang.  
 $\Delta\lambda$  : Selisig garis bujur.

Tabel 3.2. Hasil Pengolahan Ionogram Parameter  $h'f$  di Biak [24].

Tahun	Bulan	Tanggal	Jam (WIT)	$h'f$
2011	Januari	01	00.00	220
		02		228
		03		260
		04		262
		05		247
		06		239
		07		281
		08		260
		09		351
		10		291
		11		299
		12		330
		13		315
		14		260
		15		304
		16		
		17		270
		18		
		19		
		20		218
		21		
		22		220
		23		215
		24		247
		25		257
		26		213
		27		210
		28		228
		29		234
		30		207
		31		239

Dapat dilihat pada Gambar 3.3, yaitu dalam mendapatkan nilai selisih dari garis lintang ( $\Delta\varphi$ ) dan garis bujur ( $\Delta\lambda$ ) dikonversi terlebih dahulu dalam bentuk lain dari garis lintang dan bujur yaitu koordinat *Universal Transverse Mecator* (*UTM*). Koordinat ini merupakan proyeksi yang menggunakan sistem koordinat kartesian 2-dimensi untuk menentukan sebuah lokasi. Garis lintang diberi nama *northing* sedangkan garis bujur diberinama *easting*. Setelah mendapatkan selisih dari *northing* dan juga *easting*, dapat digunakan untuk mendapatkan besar jarak antara titik A dan B dan juga sudut dari titik A dan B, yang dapat dilihat pada persamaan (3.2) dan (3.3).



Gambar 3.3. Ilustrasi bentuk jurusan tiga angka (bearing) pemodelan spatial link AB.

$$\begin{aligned}
 d_{AB} &= g(\Delta\varphi, \Delta\lambda) \\
 &= \sqrt{\Delta\varphi^2 + \Delta\lambda^2}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

$$\begin{aligned}
 \theta_{AB} &= g(\Delta\varphi, \Delta\lambda) \\
 &= \tan^{-1} \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda}
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

dimana:

- $d_{AB}$  : Jarak antara titik A dan titik B.  
 $\theta_{AB}$  : Sudut arah garis A-B (*bearing*) relatif terhadap arah utara.

Sehingga berdasarkan persamaan (3.2) dan (3.3) bila disubstitusikan pada persamaan 3.1 maka model spatial dapat dilihat pada persamaan (3.4) di bawah ini.

$$\rho_{AB} = g(d_{AB}, \theta_{AB}) \quad (3.4)$$

Dari ilustrasi pada Gambar 3.3 dan persamaan (3.2) dan (3.3) maka keenam titik lokasi Ionosonde dihubungkan membentuk link maka untuk jarak dan sudut bearing dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Jarak dan Bearing link antara 2 Lokasi Ionosonde.

Link A-B	Jarak $d_{AB}$ (Km)	Sudut $\theta_{AB}$ ( $^{\circ}$ )
Tanjungsari- Pontianak	821,08	22,07
Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82
Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47
Manado-Kupang	1278,17	5,66
Pontianak-Manado	1620,08	84,54
Pontianak-Kupang	1853,92	127,76
Kototabang-Manado	2729,06	86,11
Kototabang-Kupang	2801,6	113,78
Pontianak-Biak	2859,47	92,25
Tanjungsari-Biak	3225,09	79,48
Kototabang-Biak	3968,22	91,3

Selanjutnya parameter ketinggian virtual ( $h'F$ ) dikorelasikan untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi dan hubungan keadaan ketinggian virtual ( $h'f$ ) bila dilihat berdasarkan jarak dan orientasi yang digambarkan dalam *bearing* pada masing-masing link tersebut.

### 3.2 Regresi Model Lapisan Ionosfer

Pada subbab ini akan dijelaskan proses selanjutnya, yaitu mendapatkan nilai koefisien korelasi dari ketinggian virtual ( $h'f$ ) pada link yang terbentuk



antara dua titik lokasi Ionosonde setiap jam dalam 24 jam. Tujuan daripada dilakukannya regresi adalah untuk mendapatkan model untuk mendapatkan koefisien korelasi dalam fungsi jarak dan sudut untuk menggambarkan persamaan (3.4). Untuk proses regresinya menggunakan software MATLAB dengan memanfaatkan GUI *sftool* (*Surface Fitting Tool*).

Proses regresi diawali dengan menginputkan pasangan jarak, sudut dan hasil korelasi ketinggian virtual ( $h'f$ ) antara dua titik lokasi Ionosonde. Pada setiap jam mulai jam 00.00-23.00 WIB, dilakukan regresi dengan mengubah nilai derajat koefisien dari polynomial dengan rentang untuk variable  $x$  yang merepresentasikan untuk jarak yaitu dari derajat 1-5, sedangkan untuk variable  $y$  yang merepresentasikan untuk sudut yaitu dari derajat 1-5 dapat dilihat pada flowchart Gambar 3.4. Proses regresi untuk mendapatkan model ini dilakukan sampai mendapatkan kriteria error terkecil dimana nilai koefisien korelasi antara 1 sampai -1, jadi setiap jam selama 24 jam memiliki persamaan koefisien korelasi berupa polinomial dengan derajat koefisien yang berbeda-beda. Sebagai contoh proses regresi dapat dilihat pada Gambar 3.5, dimana merupakan hasil regresi pada jam 00.00 WIB, 01.00 WITA, dan 02.00 WIT dengan derajat polynomial (1,1).

Tidak berhenti sampai regresi saja, untuk bisa mendapatkan kriteria error terkecil perlu dilakukan pengujian ulang pada model-model yang telah didapat dari hasil regresi dengan cara mengujinya pada jarak-jarak dan sudut-sudut lainnya yaitu jarak 0-4000 Km dan sudut  $0^0$ - $180^0$ . Jika hasil uji tidak masuk dalam kriteria error terkecil maka kita lanjutkan untuk menguji model-model lainnya yang didapat dr hasil regres pada jam tersebut.

### 3.3 Pembangkitan Ketinggian Virtual ( $h'f$ )

Pada subbab ini akan menjelaskan bagaimana membangkitkan ketinggian virtual ( $h'f$ ) pada dua buah link dimana masing-masing dilakukan pembangkitan pada *mid point*. Untuk membangkitkan ketinggian virtual ( $h'f$ ) membutuhkan bentuk distribusi dari ketinggian tersebut, sehingga berdasarkan distribusi tersebut dapat dibangkitkan 2 variable acak dengan parameter mean, varian dari distribusi

ketinggian virtual ( $h'f$ ), dan juga koefisien korelasi berdasarkan rumus polynomial pada masing-masing waktu dari jam 00.00-23.00 WIB.

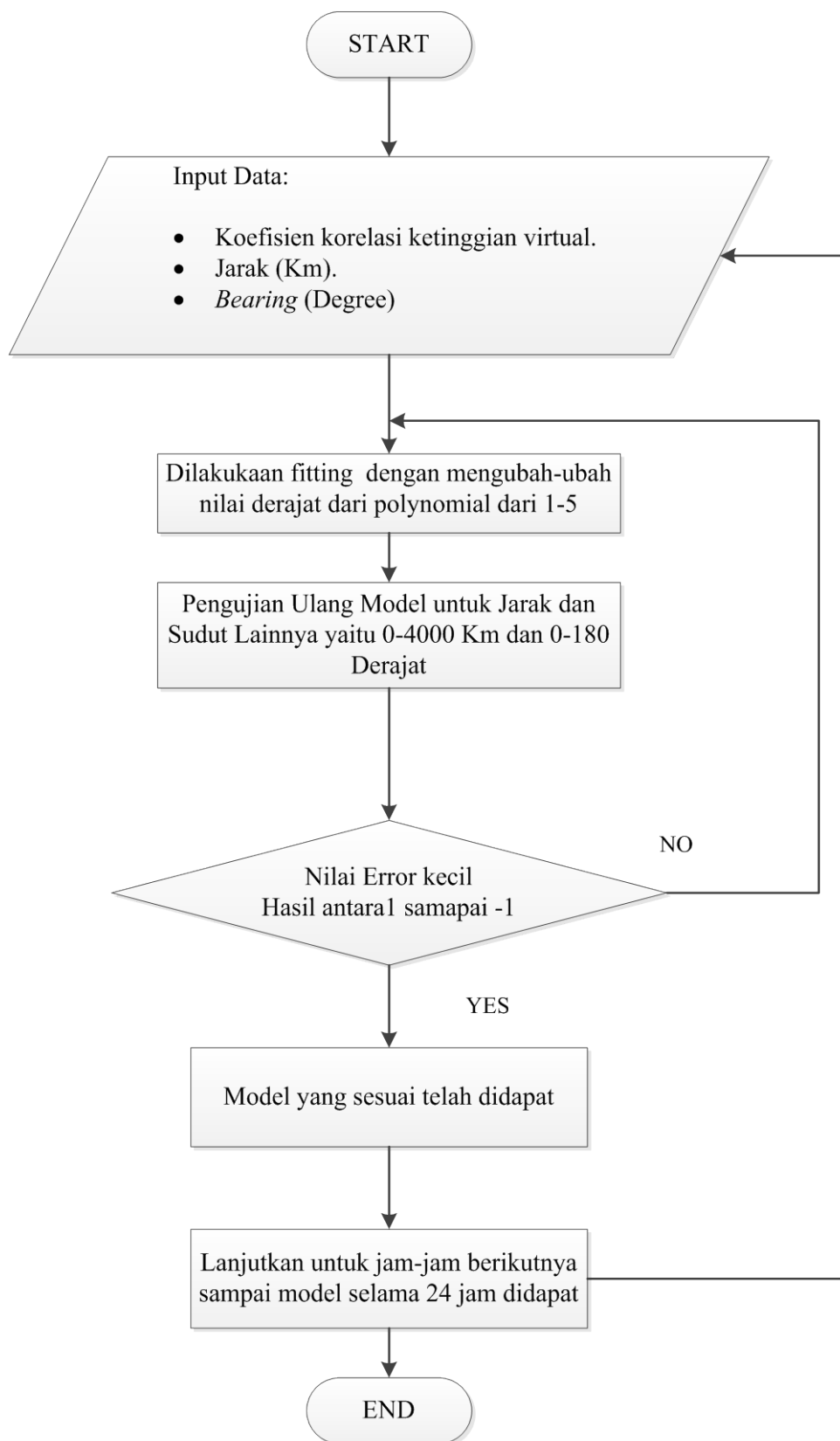
Dengan mencoba 3 bentuk distribusi yaitu distribusi rayleigh, distribusi gamma pada Lampiran B, dan juga distribusi lognormal, didapat bahwa ketinggian virtual memiliki bentuk distribusi lognormal dapat dilihat perbandingan data empiris yaitu data dari pengukuran dan data teoritis data yang didapat berdasarkan teori yang keduanya direpresentasikan dalam PDF pada Gambar 3.7 dan CDF pada Gambar 3.8, sedangkan untuk persamaan teoritis untuk mendapatkan nilai mean dan varian dapat dilihat pada persamaan (3.5) dan (3.6) dan untuk bentuk PDF dari distribusi lognormal pada persamaan (3.7) [25].

$$m = e^m + \frac{\sigma^2}{2} \quad (3.5)$$

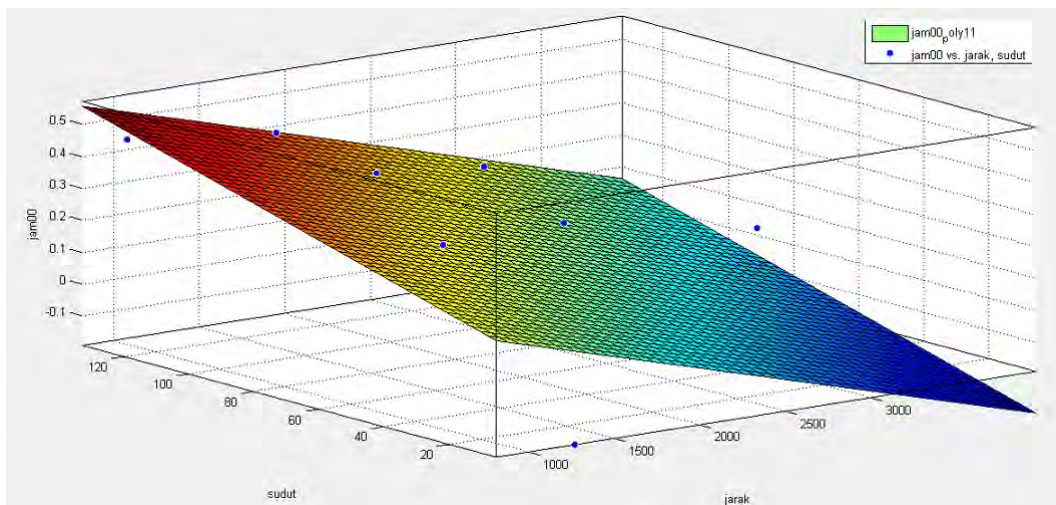
$$v^2 = e^{2m+\sigma^2} \left( e^{\sigma^2} - 1 \right) \quad (3.6)$$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{LN}^2}} e^{-(\ln x - m_{LN})^2 / 2\sigma^2} & x \geq 0 \\ 0 & \text{Lainnya} \end{cases} \quad (3.7)$$

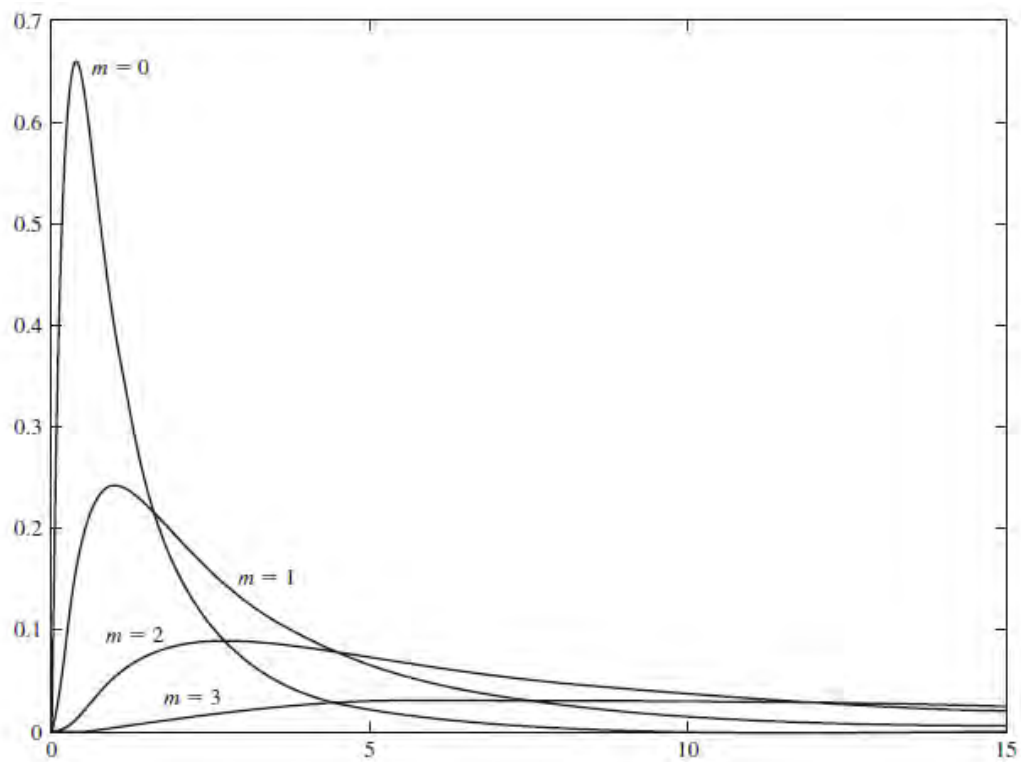
Langkah pertama membangkitkan ketinggian virtual ( $h'f$ ) yang memiliki distribusi lognormal dan bersifat *Identical Independent Distribution (IID)* maka distribusi dari korelasi ketinggian virtual ( $h'f$ ) juga lognormal, dimana distribusi lognormal merupakan probabilitas distribusi kontinyu dari variabel acak logaritma yang terdistribusi secara normal sehingga untuk membangkitkan lebih mudahnya membangkitkan distribusi normal, maka hasil korelasi ketinggian virtual ( $h'f$ ) dirubah terlebih dulu kedalam bentuk distribusi normal dengan nilai mean dan varian dapat dicari dengan persamaan (3.8) dan (3.9) sedangkan konversi korelasi distribusi lognormal menjadi distribusi normal pada persamaan (3.10) [26].



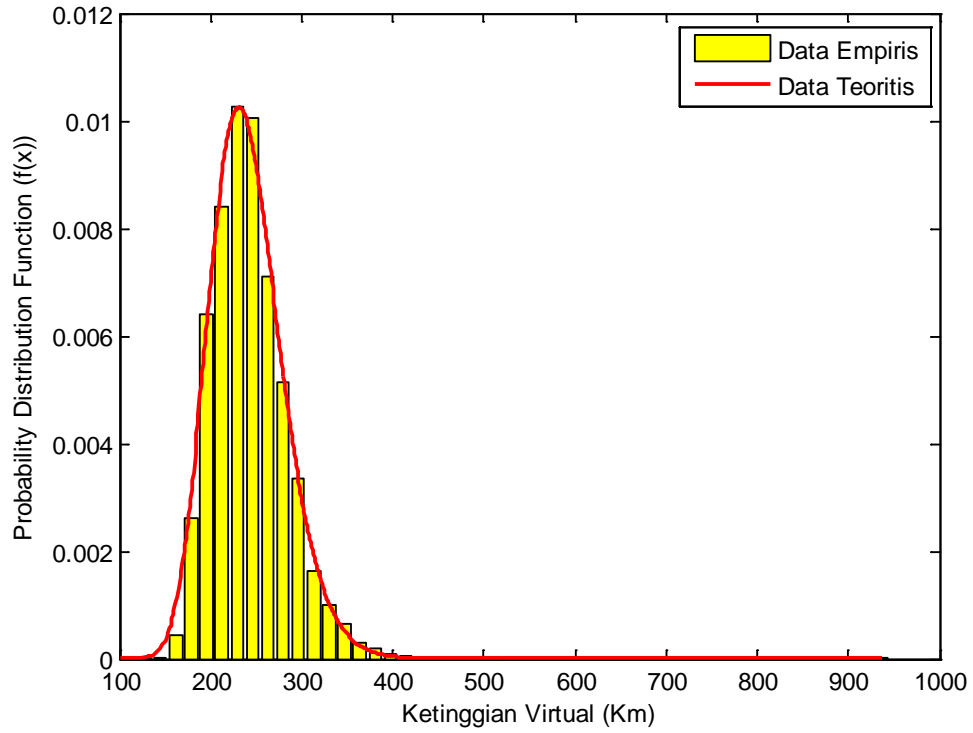
Gambar 3.4. Flowchart Proses Regresi.



Gambar 3.5. Fitting Polynomial (1,1) untuk Jam 00.00 WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT



Gambar 3.6. PDF Lognormal dengan  $\sigma = 1$  dan Nilai  $m$  yang Berbeda [25].



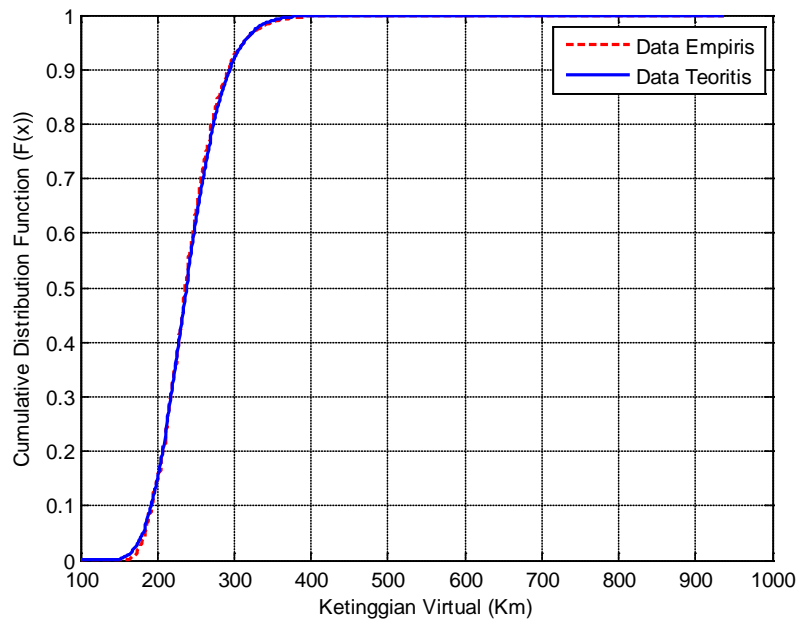
Gambar 3.7 Grafik PDF Distribusi Lognormal dari Ketinggian Virtual.

$$\mu = \ln m_{LN} - \frac{1}{2} \ln \left( 1 + \frac{v}{m^2} \right) \quad (3.8)$$

$$\sigma_n^2 = \ln \left( 1 + \frac{v}{m^2} \right) \quad (3.9)$$

$$\rho_N = \frac{1}{\sigma_1 \sigma_2} [\ln \{ \rho_{LN} \sqrt{\exp(2\mu_1 + \sigma_1^2 + 2\mu_2 + \sigma_2^2) (\exp(\sigma_1^2) - 1) (\exp(\sigma_2^2) - 1)} + \exp(\mu_1 + \sigma_1^2/2 + \mu_2 + \sigma_2^2/2) \} - (\mu_1 + \sigma_1^2/2 + \mu_2 + \sigma_2^2/2)] \quad (3.10)$$

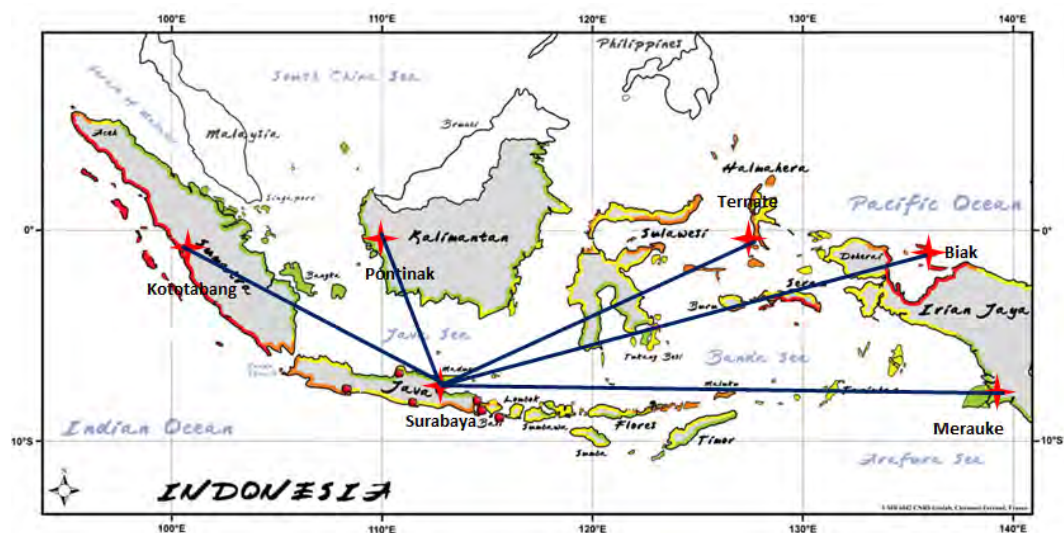
Langkah berikutnya setelah mendapatkan nilai koefisien korelasi dengan distribusi normal, maka dibangkitkan 5 link yaitu Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang dengan jarak pada Tabel 3.4.



Gambar 3.8 Grafik CDF distribusi Lognormal dari Ketinggian Virtual.

Tabel 3.4. Jarak Link Alternatif.

Link	Jarak (Km)
Surabaya-Merauke	3048
Surabaya-Biak	2667
Surabaya-Ternate	1843
Surabaya-Kototabang	1582
Surabaya-Pontianak	847



Gambar 3.9 Alternatif Link.

Link-link tersebut dipasangkan dengan link referensi adalah Surabaya-Merauke sehingga terdapat 4 pasang link, dengan jarak dan bearing antara 2 link tersebut diambil dari titik tengah antara 2 link yang diilustrasikan pada Gambar 3.10 dan Tabel 3.5 menggambarkan jarak dan bearing antara 2 link.

Tahapan selanjutnya adalah membangkitkan ketinggian virtual ( $h'f$ ) dengan menggunakan Multivariate Gaussian Random Variable dimana PDFnya pada persamaan (3.11)[24].

$$p(x) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2}(\det C)^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x-m)^T C^{-1}(x-m)} \quad (3.11)$$

Dimana  $x$  merupakan vektor sedangkan  $m$  dan  $C$  merupakan vektor dari *mean* dan matrik dari *covariance*. Dikarenakan akan dilakukan pembangkitan ketinggian virtual ( $h'f$ ) secara bersamaan pada 5 link tersebut maka persamaan dari  $m$  dan  $C$  dapat dilihat pada persamaan (3.12) dan (3.13) [27].

$$m = [m_1 \quad m_2 \quad m_3 \quad m_4 \quad m_5]^T \quad (3.12)$$

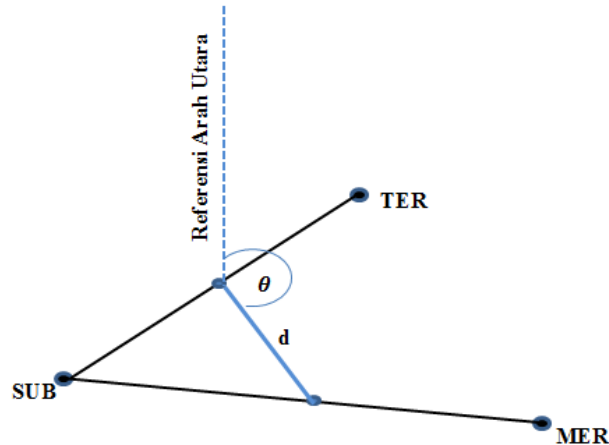
$$C = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \rho_{13}\sigma_1\sigma_3 & \rho_{14}\sigma_1\sigma_4 & \rho_{15}\sigma_1\sigma_5 \\ \rho_{12}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \rho_{23}\sigma_2\sigma_3 & \rho_{24}\sigma_2\sigma_4 & \rho_{25}\sigma_2\sigma_5 \\ \rho_{13}\sigma_3\sigma_1 & \rho_{23}\sigma_3\sigma_2 & \sigma_3^2 & \rho_{34}\sigma_3\sigma_4 & \rho_{35}\sigma_3\sigma_5 \\ \rho_{14}\sigma_4\sigma_1 & \rho_{24}\sigma_4\sigma_2 & \rho_{34}\sigma_4\sigma_3 & \sigma_4^2 & \rho_{45}\sigma_4\sigma_5 \\ \rho_{15}\sigma_5\sigma_1 & \rho_{25}\sigma_5\sigma_2 & \rho_{35}\sigma_5\sigma_3 & \rho_{45}\sigma_5\sigma_4 & \sigma_5^2 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Setelah dilakukan pembangkitan ketinggian virtual pada 5 link secara bersamaan dalam distribusi normal maka kita kembalikan kedalam bentuk distribusi lognormal kembali dengan melogaritmikkan nilai ketinggian virtual yang berdistribusi normal dengan persamaan (3.14).

$$x_{LN} = e^{(x_N)} \quad (3.14)$$

Dimana:

- $x_{LN}$  : Ketinggian virtual dalam distribusi lognormal.  
 $x_N$  : Ketinggian virtual dalam distribusi normal.



Gambar 3.10 . Ilustrasi Pembangkitan Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) Titik Tengah link dengan Fungsi Jarak dan Bearing.

Tabel 3.5. Jarak dan Bearing Antara 2 Link dengan Referensi Surabaya-Merauke.

Link	Jarak (Km)	Bearing ( $^{\circ}$ )
Surabaya-Merauke—Surabaya-Biak	493	151
Surabaya-Merauke—Surabaya-Ternate	898	127
Surabaya-Merauke—Surabaya-Pontianak	1735	107
Surabaya-Merauke—Surabaya-Kototabang	2267	103

### 3.4 Redaman Ekvivalen

Subbab 3.4 ini akan menjelaskan tahapan terakhir, yaitu karakteristik spasial yang diinginkan adalah sebuah redaman equivalen antara dua link yang berbeda dimana link referensi adalah Surabaya-Merauke. Untuk mendapatkan nilai redaman ekivalen ini perlu ada beberapa asumsi untuk memudahkan dalam perhitungan yaitu:

- Pada setiap link memiliki nilai ketinggian virtual ( $h'f$ ) yang sama.
- Setiap link memiliki daya pancar sebesar 1 watt atau 0 dBw.
- Setiap link memiliki kemungkinan terjadi pantulan mulai dari 1 pantulan sampai 6 pantulan.



d) Persamaan redaman menggunakan *free space loss* yang ditunjukkan pada persamaan (3.15)[28].

$$L_{fs} = \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 \quad (3.15)$$

Dimana:

$L_{fs}$  : Free Space Loss  
 $R$  : Panjang Lintasan  
 $\lambda$  : Panjang Gelombang.

Untuk mendapatkan persamaan redaman ekivalen ( $L_{eq}$ ) dapat dilihat pada penurunan rumus (3.16) di bawah ini.

$$\begin{aligned} P_{R,Total} &= \sum_{n=1}^6 P_{R,n} \\ &= \sum_{n=1}^6 \frac{P_T}{L_n} \\ &= P_T \sum_{n=1}^6 \frac{1}{L_n} \\ L_{eq} &= \frac{P_T}{P_{R,Total}} \\ &= \frac{1}{\sum_{n=1}^6 \frac{1}{L_n}} \\ L_{eq} &= \left[ \sum_{n=1}^6 L_n^{-1} \right]^{-1} \end{aligned} \quad (3.16)$$

dimana:

$P_R$  : Daya Terima.  
 $P_T$  : Daya Pancar.  
 $L_n$  : Redaman saat pantulan ke-n

$L_{eq}$  : Redaman Ekvivalen  
 $n$  : Pantulan ke-n, dimana n dari 1-6.

Persamaan (3.15) disubtitusikan kedalam persamaan (3.16) sehingga persamaan redaman ekivalen menjadi persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &= \left[ \sum_{n=1}^6 \left( \left( \frac{4\pi R_n}{\lambda} \right)^2 \right)^{-1} \right]^{-1} \\
 &= \left[ \sum_{n=1}^6 \left( \left( \frac{4\pi \left( 2n \sqrt{(d/2n)^2 + (x_{LN})^2} \right)}{\lambda} \right)^2 \right)^{-1} \right]^{-1}
 \end{aligned} \tag{3.17}$$

Setelah memdapatkan nilai redaman equivalen maka selanjutnya dikorelasikan untuk mendapatkan hubungan redaman antara dua link dan juga mendapatkan bentuk distribusi redaman pada setiap link. karakteristik spatial inilah yang akan menjadi dasar pada penelitian selanjutnya yaitu pencarian link alternative dari link Surabaya-Merauke pada sistem komunikasi HF *cooperative*.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISA**

Pada bab ini akan membahas secara detail semua hasil dan analisa untuk menjawab semua rumusan masalah yang ada pada sub bab 1.2 . Pada subbab 4.1 akan dijelaskan tentang bentuk korelasi dari parameter ketinggian virtual Lapisan-F Ionosfer yang diukur oleh Ionosonde di mana Indonesia memiliki 6 titik lokasi yang terpasang Ionosonde.

Pada subbab 4.2, pemilihan bentuk model polynomial untuk menggambarkan bentuk korelasi spasial  $h'f$  pada link yang terbentuk antara dua buah titik lokasi Ionosonde di mana setiap link memiliki jarak dan sudut yang berbeda. Subbab 4.3, membahas korelasi spasial redaman ekivalen antara dua link yang berbeda dengan memasukkan parameter mode pantulan dari 1F sampai 6F, jarak dan sudut antara 2 link dengan link referensi adalah link Surabaya-Merauke. Subbab 4.4 menjelaskan tentang bentuk distribusi redaman pada masing-masing link Surabaya-Merauke, Surabaya –Biak, Surabaya Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang. Terakhir, subbab 4.5 yaitu sintesa untuk menjawab semua pertanyaan-pertanyaan yang ada pada rumusan masalah berdasarkan hasil dari 4.1 sampai 4.4

#### **4.1 Korelasi Ketinggian Virtual Lapisan-F Ionosfer ( $h'F$ )**

Ionosonde merupakan alat ukur yang menghasilkan parameter-parameter indikasi keadaan lapisan Ionosfer, contohnya frekuensi kritis, ketinggian virtual, dan masih banyak lagi parameter-parameter lainnya. Pada bab 3 telah dijelaskan bahwa Indonesia terdapat 6 buah titik lokasi Ionosonde dan masing-masing terletak di Kototabang (Sumatra Barat), Tanjungsari (Bandung), Pontianak (Kalimantan), Kupang (Nusa Tenggara Timur), Manado (Sulawesi Utara), dan Biak (Papua). Pada setiap titik lokasi tersebut dihubungkan sehingga membentuk link yang mana terdapat 15 link yang terbentuk dengan jarak dan orientasi sudut yang berbeda tetapi, hanya 11 link yang memiliki data hasil korelasi hal ini disebabkan 4 link yaitu, antara Biak-Kupang, Biak-Manado, Tanjungsari-

Kupang, dan Tanjungsari-Manado tidak ada data yang dihasilkan oleh pengukuran parameter Ionosfer oleh Ionosonde ketika beroperasi secara bersamaan antara 2 Ionosonde pada lokasi tersebut, sehingga untuk pengolahan pada, proses untuk mendapatkan model dari karakteristik spasial Ionosfer hanya menggunakan 11 data hasil korelasi dari parameter ketinggian virtual pada Lapisan-F ( $h'f$ ).

Tabel 4.1. Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 00.00WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT.

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,427
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,431
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,571
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-0,191
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,412
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,156
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,086
8	Kototabang-Kupang	2801,60	113,78	0,252
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,130
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,037
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,022

Tabel 4.2. Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 12.00WIB, 13.00 WITA, 14.00 WIT.

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,233
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,017
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,074
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,027
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,064
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,309
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	-0,037
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	-0,096
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,063
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,013
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,110

Parameter hasil pengukuran Ionosonde yang akan dikorelasikan adalah ketinggian virtual pada Lapisan-F ( $h'F$ ) Ionosfer yang dimana, pada sistem komunikasi HF lapisan ini berfungsi sebagai media pantul dengan persamaan koefisien korelasi yang telah dijelaskan pada bab 2. Proses korelasi dilakukan selama 24 jam dimulai jam 00.00-23.00 WIB dengan interval 1 jam.

Tabel 4.3. Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 18.00WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT.

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,565
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,585
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,367
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,681
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,661
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,622
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,081
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,139
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,580
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,571
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,293

Tabel 4.4. Hasil Korelasi Ketinggian Virtual ( $h'F$ ) pada 11 Link Lokasi Ionosonde Pada Jam 05.00.00WIB, 06.00 WITA, 07.00 WIT.

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,509
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,468
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,622
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,322
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,321
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,550
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,262
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,610
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,030
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,023
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,083

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat koefisien korelasi pada 11 link pada jam 00.00WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT; Tabel 4.2 untuk jam 12.00 WIB, 13.00 WITA, 14.00 WIT; dan Tabel 4.3 pada jam 18.00 WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT. Tabel-tabel tersebut menyatakan hubungan parameter ketinggian virtual ( $h'f$ ) Lapisan-F Ionosfer pada link yang terbentuk antara 2 buah titik lokasi Ionosonde.

Pada Tabel 4.3 dapat kita lihat bahwa terjadi peningkatan pada nilai koefisien korelasi pada link Pontianak-Manado, Pontianak-Kupang, Biak-Pontianak, Biak-Tanjungsari, Kupang-Manado, Tanjungsari-Pontianak, Tanjungsari-Kototabang, Hal ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan ketinggian di wilayah tengah yaitu di titik Kupang dan Manado dan timur pada Biak pada waktu setempat sehingga ketinggian ditempat-tempat tersebut memiliki pola ketinggian yang hampir sama. Peningkatan dan penurunan ketinggian virtual itu disebabkan oleh peningkatan dan penurunan kerapatan elektron pada masing-masing lapisan dari Ionosfer, baik itu Lapisan-D, Lapisan-E, Lapisan-F, sedangkan peningkatan dan penurunan densitas elektron itu sendiri pada masing-masing lapisan dipengaruhi oleh aktifitas matahari.

#### **4.2 Model Karakteristik Spasial Ionosfer.**

Pada subbab 4.1 telah didapat nilai-nilai koefisien korelasi dari pengukuran parameter ketinggian virtual Lapisan-F Ionosfer pada 11 link yang terbentuk antara 2 buah Ionosonde selama 24 jam yaitu jam 00.00-23.00 WIB dengan interval 1 jam dan juga 4 tahun dari tahun 2010-2013. Setiap jam Ionosfer memiliki variasi yang berbeda-beda oleh sebab itu, pada subbab ini akan menjelaskan model karakteristik spasial Ionosfer yang berbeda pada setiap jam sesuai dengan variasi tersebut

Proses untuk mendapatkan model-model tersebut dengan memanfaatkan salah satu toolbox dari program matlab yaitu *sftool* (*Surface Fitting Tool*) dengan menginputkan 3 parameter yaitu nilai koefisien korelasi setiap jam, jarak dan juga sudut untuk proses lebih jelasnya telah dijelaskan pada bab 3. Pada toolbox ini disertai dengan parameter-paramater indikasi fitting terbaik antara lain SSE, R-Square, DFE, Adj R-sq, RMSE, *Coefficient*. Terpenting untuk mendapatkan model yang sesuai maka kita harus memperhatikan salah satu indikator yang

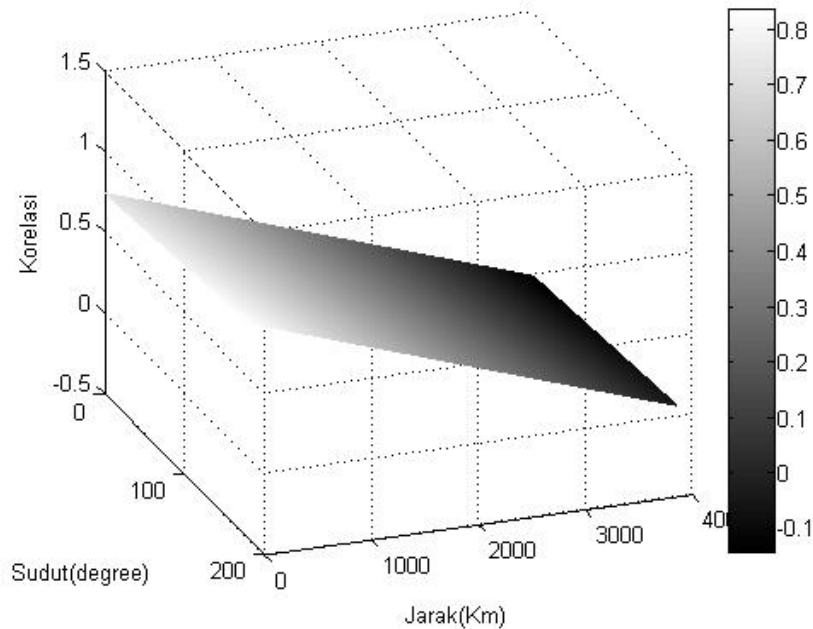
disediakan oleh toolbox tersebut yaitu SSE (*Sum Square Error*) dan sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel 4.5 yaitu parameter dari keadaan fitting terbaik pada jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT.

Tabel 4.5. Parameter Indikasi Fitting Terbaik pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT.

Polynomial	SSE	R-Square	DFE	Adj R-sq	RMSE	#Coeff
(11)	0,3483	0,5918	8	0,4898	0,2087	3
(12)	0,2581	0,6979	6	0,4959	0,2074	5
(13)	0,2320	0,7281	4	0,3203	0,2408	7
(14)	0,1394	0,8366	2	0,1830	0,2640	9
(15)	2,5433e-22	1	0	NaN	NaN	11
(21)	0,3294	0,6140	6	0,3567	0,2343	5
(22)	0,2552	0,7010	5	0,4020	0,2259	6
(23)	0,2163	0,7466	2	-0,2672	0,3288	9
(24)	-	-	-	-	-	-
(25)	-	-	-	-	-	-
(31)	0,2752	0,6775	4	0,1938	0,2623	7
(32)	0,1611	0,8112	2	0,0562	0,2838	9
(33)	0,1512	0,8228	1	-0,7724	0,3889	10
(34)	-	-	-	-	-	-
(35)	-	-	-	-	-	-
(41)	0,1809	0,7880	2	-0,0598	0,3007	9
(42)	-	-	-	-	-	-
(43)	-	-	-	-	-	-
(44)	-	-	-	-	-	-
(45)	-	-	-	-	-	-
(51)	5,2070e-28	1	0	NaN	NaN	11
(52)	-	-	-	-	-	-
(53)	-	-	-	-	-	-
(54)	-	-	-	-	-	-
(55)	-	-	-	-	-	-

Dari 13 bentuk model polynomial pada Tabel 4.5, untuk menentukan model yang sesuai untuk variasi Ionosfer pada jam tersebut perlu dilakukan

evaluasi ulang pada jarak-jarak dan sudut-sudut lainnya yaitu pada 0-4000Km dan  $0^0$ - $180^0$ .

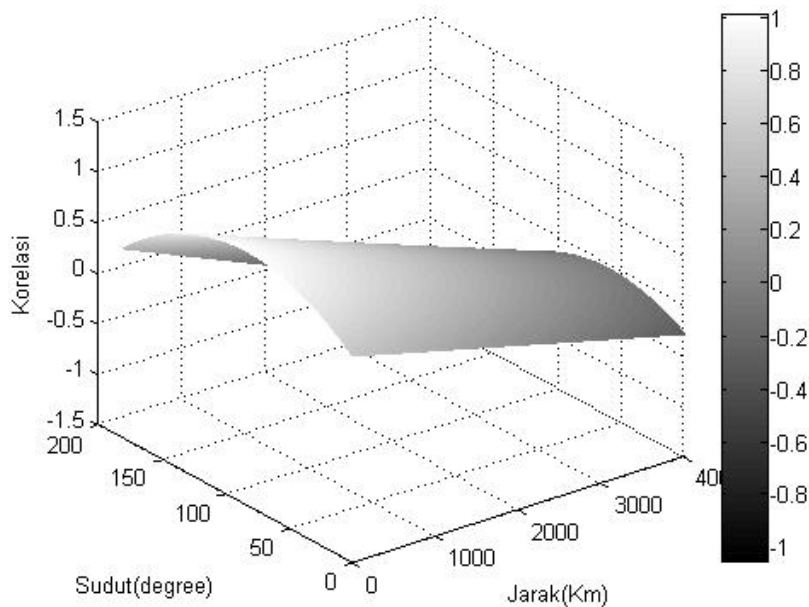


Gambar 4.1. Gambar Grafik Model Polynomial (1,1) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT.

Pada Gambar 4.1, menggambarkan hasil uji ulang untuk model polynomial (1,1) untuk jarak antara 0-4000 Km dan sudut  $0^0$ - $180^0$  bahwa ketika jarak pendek kisaran kurang dari 100 Km dengan orientasi sudut di atas  $80^0$  memiliki nilai koefisien korelasi tinggi positif di atas 0,8 sedangkan jarak yang jauh di atas 3500 Km dengan orientasi sudut di bawah  $80^0$  memiliki nilai koefisien korelasi kecil negatif sebesar -0,1. Model ini masuk dalam kriteria model karena nilai koefisien korelasinya antara 1 sampai -1.

Pada Gambar 4.2, menggambarkan hasil uji ulang untuk model polynomial (1,2) bahwa untuk jarak dekat kisaran 0-100 Km dengan orientasi sudut antara di atas kisaran  $70^0$  sampai kisaran di bawah  $100^0$  memiliki nilai koefisien korelasi di atas +1 sedangkan untuk jarak kisaran mendekati 4000 Km dengan orientasi sudut kisaran mendekati  $180^0$  koefisien korelasinya negatif sebesar lebih dari -1. Untuk model ini dieliminasi karena tidak sesuai, sedangkan nilai koefisien korelasi adalah antara +1 sampai -1.

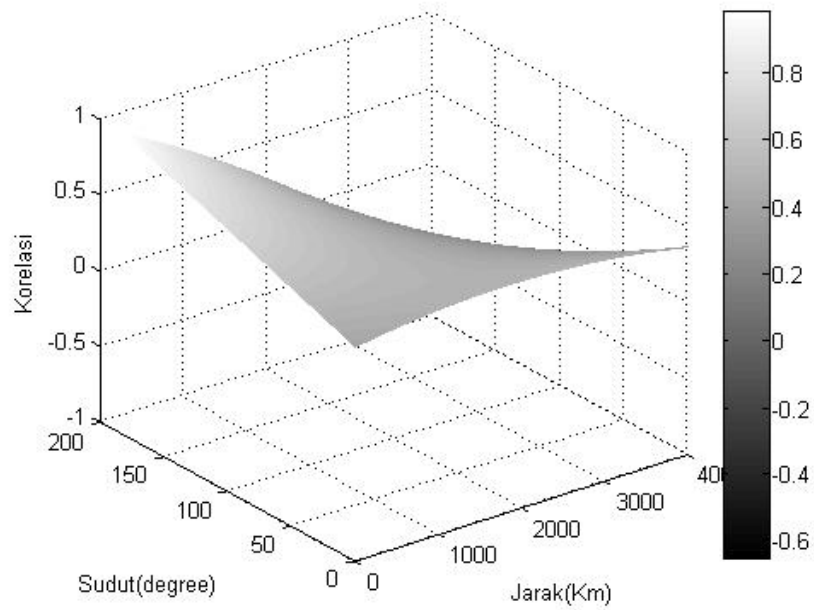




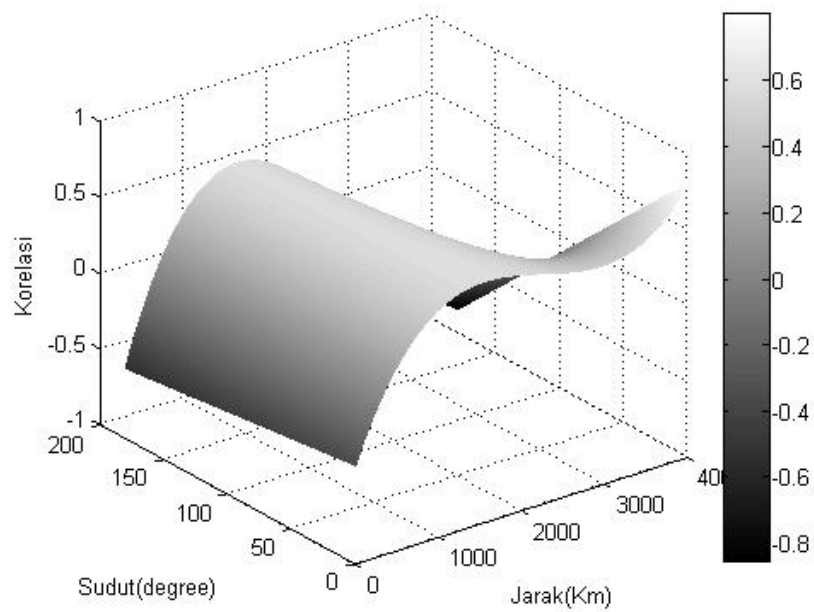
Gambar 4.2. Gambar Grafik Model Polynomial (1,2) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT.

Pada Gambar 4.3, menggambarkan hasil uji ulang untuk model polynomial (2,1) bahwa untuk jarak 0-200 Km dengan orientasi sudut di atas  $120^0$  memiliki nilai koefisien korelasi tinggi positif di atas 0,8 sedangkan untuk jarak kisaran mendekati 4000 Km dengan orientasi sudut kisaran mendekati  $180^0$  koefisien korelasi tinggi negatif sebesar lebih dari -0,6. Model ini masuk dalam kriteria model karena nilai koefisien korelasinya antara 1 sampai -1.

Pada Gambar 4.4, menggambarkan hasil uji ulang untuk model polynomial (3,1) bahwa untuk jarak mendekati 4000 Km dengan orientasi sudut kisaran mendekati  $180^0$  koefisien korelasi tinggi negatif sebesar lebih dari -0,8, lalu untuk untuk jarak mendekati 4000 Km dengan orientasi sudut kisaran di bawah  $20^0$  koefisien korelasi tinggi positif sebesar lebih dari 0,6 sedangkan untuk jarak antara 700-2000 Km dengan orientasi sudut dari  $0^0$ - $180^0$  koefisien korelasi positif kisaran 0,5. Untuk model ini masuk dalam kriteria model karena nilai koefisien korelasinya antara 1 sampai -1.



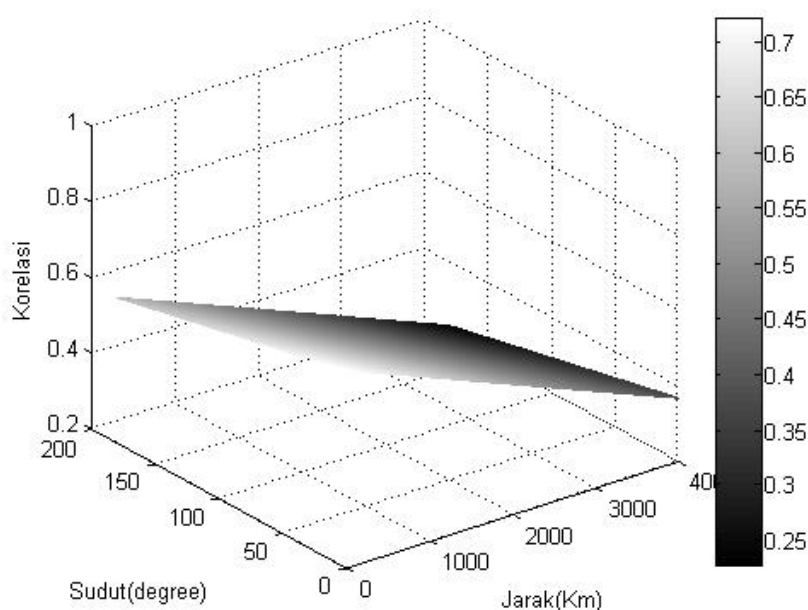
Gambar 4.3. Gambar Grafik Model Polynomial (2,1) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT.



Gambar 4.4. Gambar Grafik Model Polynomial (3,1) pada Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT.

Setelah dilakukan evaluasi ulang dengan jarak dan sudut yang berbeda yaitu masing-masing 0-4000 Km dan  $0^0$ - $180^0$  pada semua model dari polynomial (1,1) sampai polynomial (5,1) yang memiliki kriteria nilai koefisien korelasi dari 1 sampai -1 adalah polynomial (1,1), polynomial (2,1), dan polynomial (3,1), masing –masing terdapat pada Gambar 4.1, 4.3, dan 4.4.

Pemilihan model yang terbaik dari ketiga model polynomial tersebut kita lihat pada nilai SSE, dimana model polynomial (1,1) sebesar 0,3483, sedangkan polynomial (2,1) sebesar 0,3294 dan untuk polynomial (3,1) sebesar 0,275, sehingga untuk model yang sesuai untuk jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT yaitu polynomial (3.1). berdasarkan proses ini, maka setiap jam mulai jam 00.00-23.00 WIB memiliki variasi model yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan gambar grafik masing-masing variasi model setiap jam pada lampiran B.



Gambar 4.5. Gambar Grafik Model Polynomial (1,1) pada Jam 18.00 WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT yang Merupakan Model untuk Jam Tersebut.

Tabel 4.6 Penerapan Model Polynomial Setiap Jam Selama 24 Jam.

Jam (WIB)	Model Polynomial	Persamaan Model
00.00	(2,1)	$\rho(d, \theta) = 0,7772 - (6,771e - 4d) + (8,572e - 4\theta) + (7,311e - 8d^2) + (2,076e - 6d\theta)$
01.00	(3,1)	$\rho(d, \theta) = 0,6038 - (4,222e - 5d) - (1,142e - 3\theta) - (1,686e - 7e - 7d^2) + (3,173e - 6d\theta) + (3,233e - 11d^3) - (5,417e - 10d^2\theta)$
02.00	(3,1)	$\rho(d, \theta) = 0,1594 + (8,242e - 4d) - (4,541e - 3\theta) - (5,263e - 7e - 7d^2) + (6,113e - 6d\theta) + (9,068e - 11d^3) - (1,809e - 9d^2\theta)$
03.00	(3,1)	$\rho(d, \theta) = -0,3526 + (1,454e - 3d) - (1,039e - 3\theta) + (7,121e - 7e - 7d^2) + (2,194e - 6d\theta) + (1,051e - 10d^3) - (1,056e - 9d^2\theta)$
04.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,6203 - (1,846e - 4d) + (1,818e - 3\theta)$
05.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,5338 - (1,779e - 4d) + (2,136e - 3\theta)$
06.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,2642 - (4,362e - 5d) - (2,854e - 4\theta)$
07.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = 0,3928 - (1,505e - 4d) - (5,637e - 3\theta) - (3,92e - 8d^2) + (3,838e - 6d\theta) - (9,257e - 7\theta^2)$
08.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = 0,1182 + (2,599e - 4d) - (8,837e - 3\theta) - (9,069e - 8d^2) + (2,005e - 6d\theta) + (3,636e - 5\theta^2)$
09.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = -(1,849e - 2) + (8,399e - 5d) - (1,173e - 3\theta) - (9,944e - 9d^2) - (2,735e - 7d\theta) + (7,567e - 6\theta^2)$
10.00	(3,1)	$\rho(d, \theta) = 0,3264 - (5,122e - 4d) - (3,26e - 3\theta) + (2,479e - 7d^2) + (3,569e - 6d\theta) - (3,02e - 11d^3) - (9,526e - 10d^2\theta)$
11.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = 0,1363 + (2,067e - 4d) - (9,133e - 3\theta) - (1,009e - 7d^2) + (3,038e - 6d\theta) + (3,194e - 5\theta^2)$
12.00	(3,1)	$\rho(d, \theta) = 0,6215 - (5,314e - 4d) - (8,704e - 3\theta) + (1,228e - 7d^2) + (7,668e - 6d\theta) + (2,054e - 12d^3) - (1,783e - 9d^2\theta)$
13.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = -0,2667 + (3,432e - 5d) - (3,331e - 4\theta)$
14.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = 0,3169 - (1,284e - 4d) - (4,881e - 3\theta) - (2,047e - 8d^2) + (2,006e - 6d\theta) + (1,443e - 5\theta^2)$
15.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = (5,029e - 2) - (7,994e - 5d) + (5,12e - 3\theta) + (1,41e - 8d^2) + (1,672e - 8d\theta) - (4,018e - 5\theta^2)$

Tabel 4.6 Lanjutan.

16.00	(3,1)	$\rho(d, \theta) = 0,7599 - (1,084e - 3d) - (5,283e - 3\theta) + (3,995e - 7d^2) + (6,751e - 6d\theta) - (3,871e - 11d^3) - (1,57e - 9d^2\theta)$
17.00	(2,2)	$\rho(d, \theta) = -0,2532 + (6,148e - 4d) - (4,278e - 3\theta) - (1,244e - 7d^2) - (5,014e - 7d\theta) + (4,095e - 5\theta^2)$
18.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,7203 - (8,862e - 5d) - (7,696e - 4\theta)$
19.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,7211 - (8,477e - 5d) + (4,894e - 4\theta)$
20.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,8236 - (1,226e - 4d) - (8,23e - 4\theta)$
21.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,6596 - (2,089e - 4d) + (8,038e - 4\theta)$
22.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,3472 - (1,55e - 4d) + (1,781e - 3\theta)$
23.00	(1,1)	$\rho(d, \theta) = 0,5884 - (1,849e - 4d) + (1,019e - 4\theta)$

Setelah mendapatkan model-model tersebut digunakan untuk menentukan nilai koefisien korelasi yang dimana berfungsi untuk membangkitkan ketinggian virtual pada link yang lain sesuai dengan jarak dan sudut yaitu Surabaya-merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang dengan menggunakan persamaan (3.13), selanjutnya ketinggian virtual tersebut dengan persamaan *free space loss* persamaan (3.15) untuk mendapatkan nilai redaman sebagai contoh Tabel 4.7 ketinggian virtual hasil pembangkitan dari model Polynomial (2,1) pada jam 00.00 WIB link Surabaya-Merauke.

Tabel 4.7 Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) Hasil Pembangkitan Menggunakan Model Polynomial (2,1) Link Surabaya-Merauke.

No	Ketinggian Virtual
1.	267
2.	234
3.	218
4.	206
5.	185
6.	236
7.	220
8.	242
9.	185
10.	281
11.	248
12.	182

Tabel 4.7 Lanjutan

13.	270
14.	211
15.	241
16.	238
17.	202
18.	150
19.	250
20.	219

### 4.3 Karakteristik Redaman Ekivalen

Berdasarkan pemilihan model polynomial yang tepat untuk diterapkan sebagai penggambaran variasi lapisan Ionosfer selama 24 jam dengan interval 1 jam yang telah dijelaskan pada subbab 4.2, maka model-model tersebut berfungsi untuk membangkitkan ketinggian virtual ( $h'f$ ) pada link yang berada di sekitar lokasi yang terdapat Ionosonde yaitu link Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak dan Surabaya-Kototabang. Pembangkitan tersebut digunakan untuk mendapatkan besar redaman ekivalen pada setiap link tersebut pada mode 1F sampai 6F.

Proses pembangkitan ketinggian virtual pada titik tengah dari kelima link tersebut telah banyak dijelaskan pada subbab 3.3 dan untuk mendapatkan nilai redaman ekivalen telah dijelaskan pada subbab 3.4 dengan persamaan (3.17). Redaman ekivalen pada masing-masing link tersebut dikorelsikan dengan link Surabaya-Merauke sebagai referensi untuk mendapatkan hubungan bagaimana redaman yang terjadi antara link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Biak, link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate, link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Pontianak, link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang. Tujuan dilakukan korelasi redaman ini sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya adalah sistem komunikasi kooperatif yaitu mencari link alternatif sebagai relay jika link referensi yaitu Surabaya-Merauke tidak dapat digunakan akibat gangguan-gangguan misalkan fading atau gangguan pada lapisan Ionosfer itu sendiri.

Tabel 4.8 Korelasi Redaman Ekvivalen pada jam 00.00 WIB.

No	Link	Korelasi	Ket.
1	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Biak	-0,607	Tinggi
2	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate	-0,294	Rendah
3	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Pontianak	0,066	Rendah
4	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang	-0,158	Rendah

Tabel 4.9 Korelasi Redaman Ekvivalen pada jam 05.00 WIB.

No	Link	Korelasi	Ket.
1	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Biak	0,135	Rendah
2	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate	-0,449	Rendah
3	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Pontianak	-0,301	Rendah
4	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang	-0,339	Rendah

Tabel 4.10 Korelasi Redaman Ekvivalen pada jam 06.00 WIB.

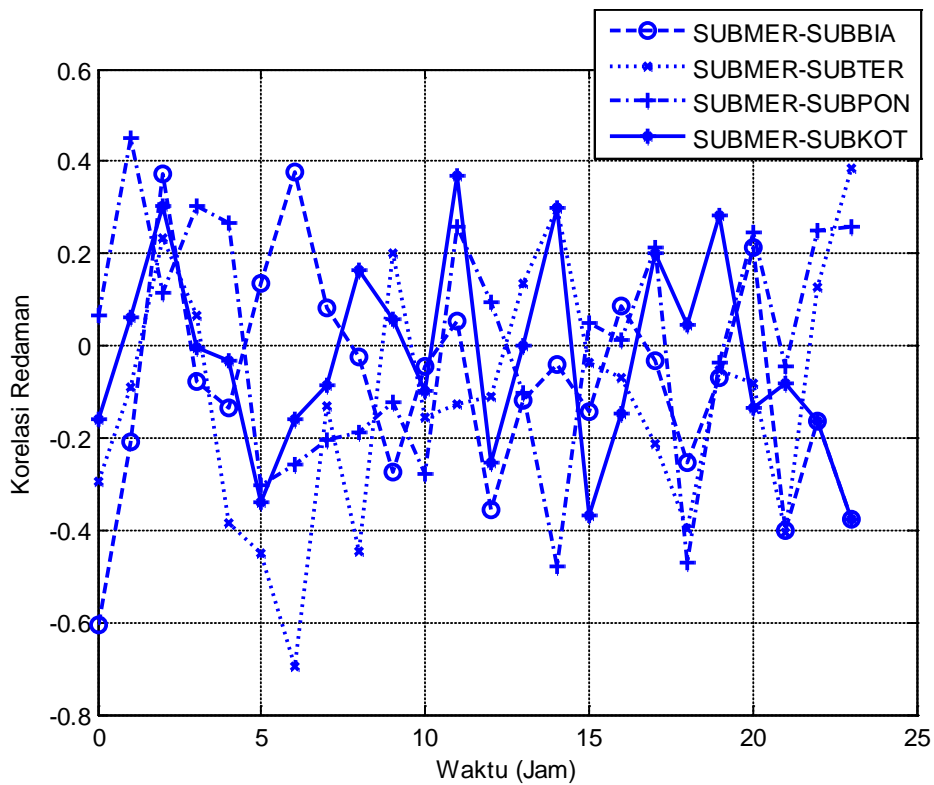
No	Link	Korelasi	Ket.
1	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Biak	0,376	Rendah
2	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate	-0,696	Tinggi
3	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Pontianak	-0,258	Rendah
4	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang	-0,159	Rendah

Tabel 4.11 Korelasi Redaman Ekvivalen pada jam 07.00 WIB.

No	Link	Korelasi	Ket.
1	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Biak	0,082	Rendah
2	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate	-0,131	Rendah
3	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Pontianak	-0,206	Rendah
4	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang	-0,087	Rendah

Tabel 4.12 Korelasi Redaman Ekvivalen pada jam 08.00 WIB.

No	Link	Korelasi	Ket.
1	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Biak	-0,025	Rendah
2	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate	-0,447	Rendah
3	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Pontianak	-0,188	Rendah
4	Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang	0,164	Rendah



Gambar 4.6 Grafik Korelasi Redaman Selama 24 Jam.

Pada Tabel 4.8 sampai 4.12 merupakan sampel hasil korelasi redaman ekivalen pada kelima link tersebut, dimana di gambarkan pula selama 24 jam pada Gambar 4.6. Pengambilan keputusan referensi bahwa 2 buah link memiliki hubungan rendah ketika nilai koefisien korelasi  $-0,5 < \rho < 0,5$ . Pengambilan nilai ini didasarkan bahwa setengah dari nilai maximum korelasi yaitu -0,5 sampai 0,5 masih dikatakan memiliki korelasi tinggi. Link terdekat yang memungkinkan bisa digunakan sebagai relay untuk sistem komunikasi HF Surabaya-Merauke adalah Surabaya-Biak dan Surabaya-Ternate karena memiliki orientasi arah yang sama. Link Surabaya-Biak dapat digunakan sebagai alternatif relay untuk seluruh jam kecuali jam 00.00WIB karena korelasinya sebesar -0,696, sedangkan, link Surabaya-Ternate dapat digunakan alternatif relay pada seluruh jam kecuali jam 06.00 WIB karena masing-masing korelasinya sebesar -0,696. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya sistem komunikasi *cooperative* HF sebagai rekomendasi pada jam 00.00 WIB link yang bisa digunakan alternatif adalah



Surabaya-Ternate saja, sedangkan pada jam 06.00 WIB link yang dapat digunakan sebagai alternatif hanya link Surabaya-Biak saja.

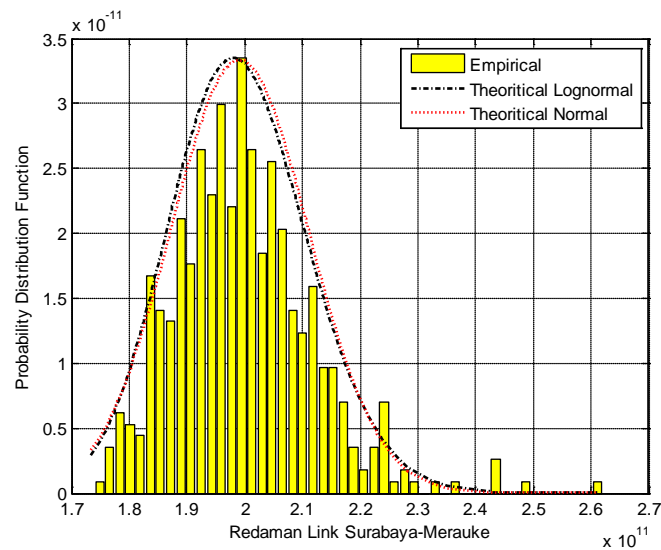
#### 4.4 Distribusi Redaman Setiap Link

Pada subbab ini akan membahas bentuk distribusi dari redaman ekivalen pada masing-masing link Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang. Cara untuk mendapatkan jenis dari distribusi dari redaman tersebut dengan membandingkan dari data redaman empiris dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal. Pengujian kesesuaian dari perbandingan antara data empiris dengan masing-masing bentuk distribusi tersebut dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* atau biasa disebut dengan *K-S Test* dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasil pengujian tersebut akan menentukan bahwa suatu diterima mengikuti distribusi tersebut atau mungkin ditolak mengikuti distribusi tersebut.

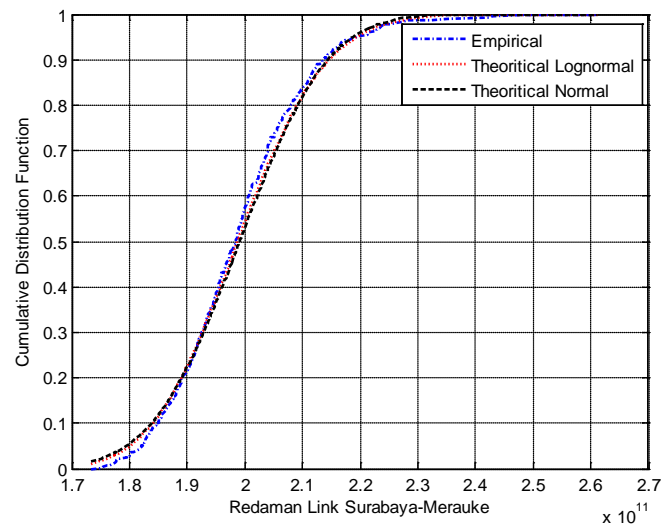
##### 4.4.1 Distribusi Redaman pada 5 Link

Seperti yang telah sedikit dijelaskan untuk mendapatkan distribusi dari data empiris redaman ekivalen pada masing-masing link tersebut yaitu mencoba untuk membandingkan data empiris tersebut dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal

Gambar 4.7 dan 4. 8 merupakan gambar PDF dan CDF hasil perbandingan antara data empiris pembangkitan di link Surabaya-Merauke selama 24 jam dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan distribusi Normal dengan nilai mean sebesar  $1,991 \times 10^{11}$  dan varian sebesar  $1,431 \times 10^{20}$ . Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa adanya indikasi kemiripan dari redaman pada link Surabaya-Merauke dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal. Hal ini terlihat jelas dari grafik CDF yang mana *line* merupakan CDF dari data empiris sedangkan *dotted line* merupakan teoritis distribusi Lognormal dan *dashed line* merupakan teoritis dari distribusi Normal memiliki kemiripan.



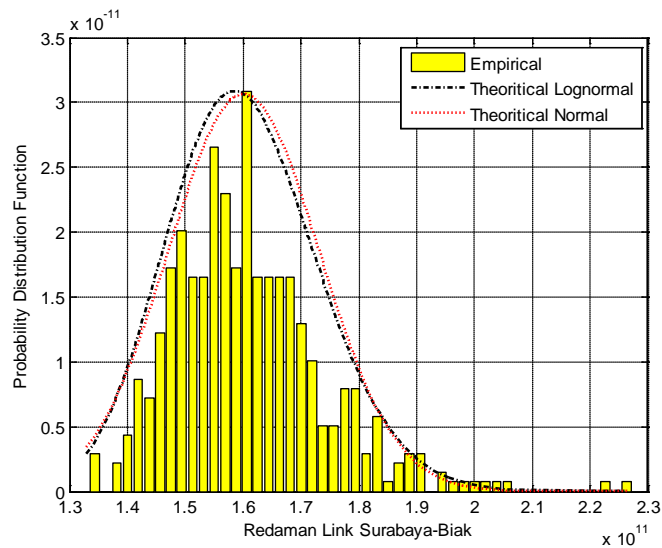
Gambar 4.7 Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Merauke.



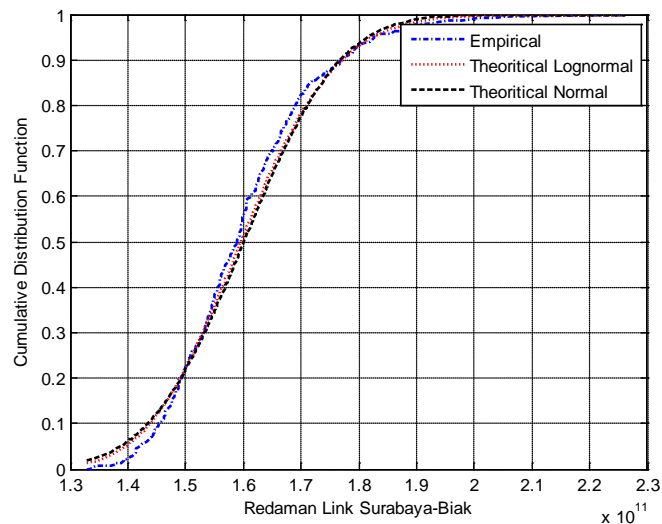
Gambar 4.8 Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Merauke.

Gambar 4.9 dan 4.10 merupakan gambar PDF dan CDF hasil perbandingan antara data empiris pembangkitan di link Surabaya-Biak selama 24 jam dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal dengan nilai mean sebesar  $1,601 \times 10^{11}$  dan varian sebesar  $1,695 \times 10^{20}$ . Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa adanya indikasi kemiripan dari redaman pada link Surabaya-

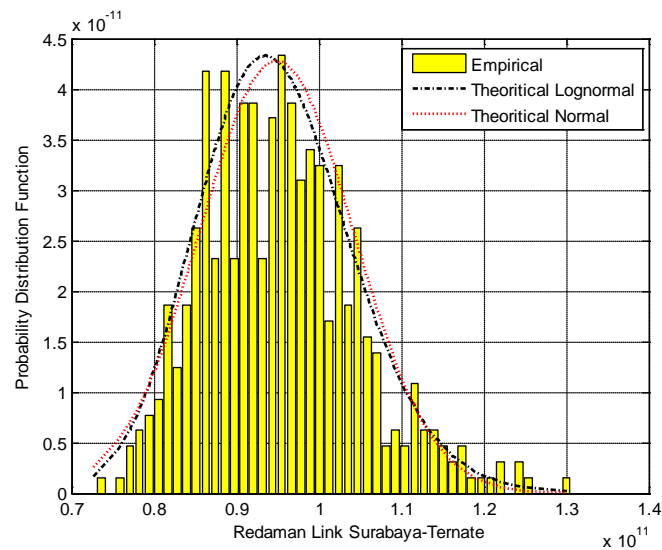
Biak dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal. Hal ini terlihat jelas dari grafik CDF yang mana *line* merupakan CDF dari data empiris sedangkan *dotted line* merupakan teoritis dari distribusi Lognormal dan *dashed line* merupakan teoritis dari distribusi Normal memiliki kemiripan.



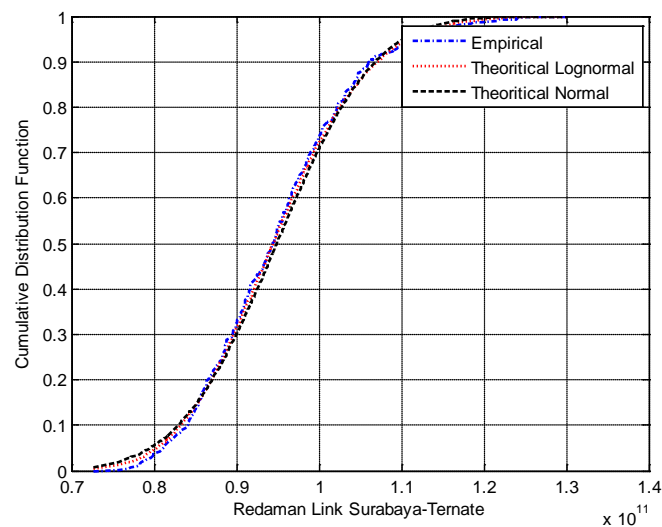
Gambar 4.9 Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Biak.



Gambar 4.10 Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Biak.



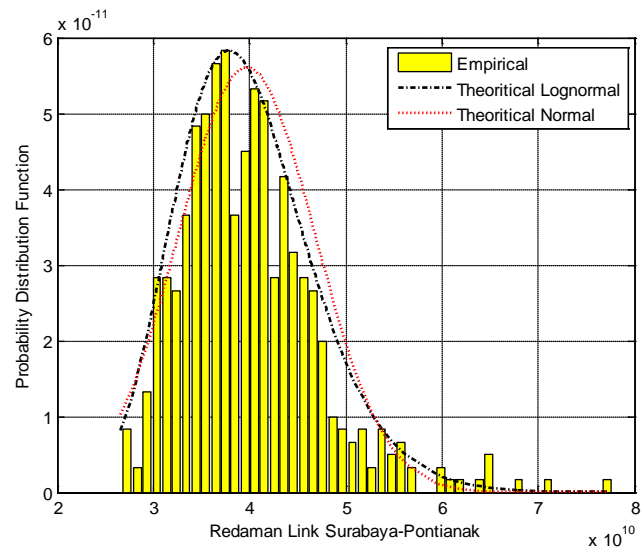
Gambar 4.11 Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Ternate.



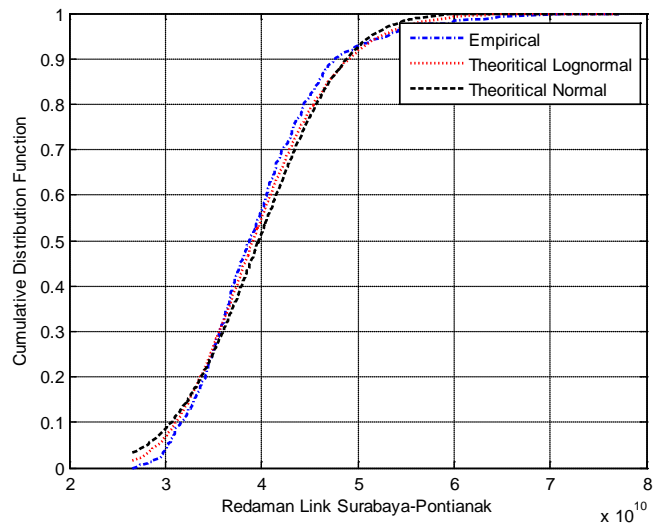
Gambar 4.12 Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Ternate.

Gambar 4.11 dan 4.12 PDF dan CDF hasil perbandingan antara data empiris pembangkitan di link Surabaya-Ternate selama 24 jam dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal dengan nilai mean sebesar  $9,488 \times 10^{10}$  dan varian sebesar  $8,699 \times 10^{19}$ . Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa adanya indikasi kemiripan dari redaman pada link Surabaya-Ternate dengan

teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal. Hal ini terlihat jelas dari grafik CDF yang mana *line* merupakan CDF dari data empiris sedangkan *dotted line* merupakan teoritis dari distribusi Lognormal dan *dashed line* merupakan teoritis dari distribusi Normal memiliki kemiripan.

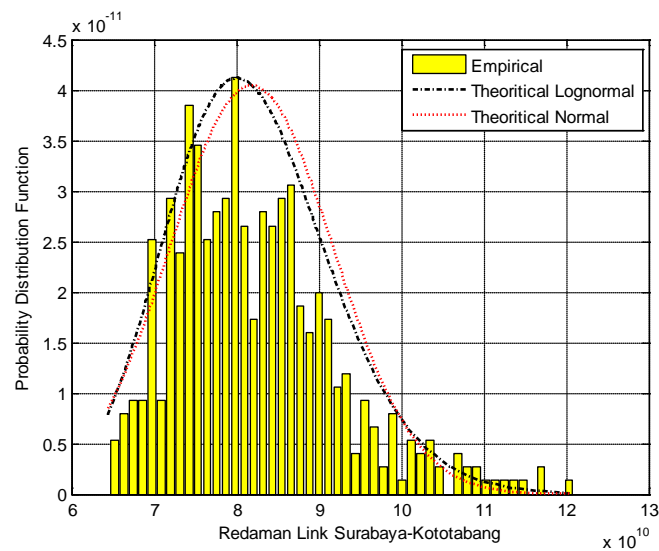


Gambar 4.13 Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Pontianak.

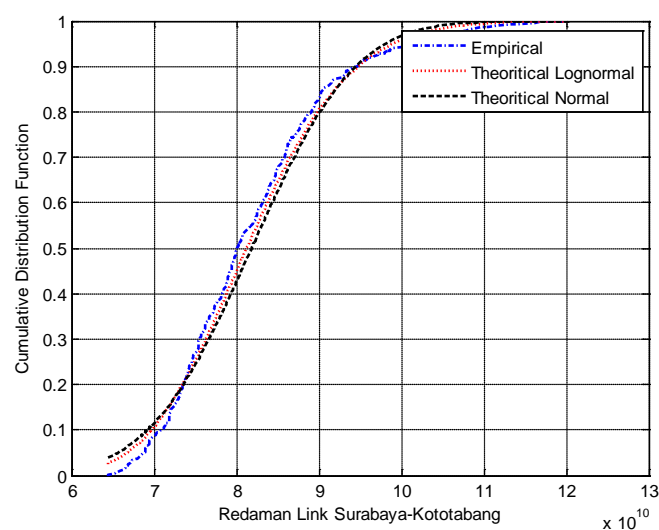


Gambar 4.14 Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Pontianak

Gambar 4.13 dan 4.14 adalah gambar PDF dan CDF hasil perbandingan antara data empiris pembangkitan di link Surabaya-Pontianak selama 24 jam dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal dengan nilai mean sebesar  $3,972 \times 10^{10}$  dan varian sebesar  $5,066 \times 10^{19}$ . Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa adanya indikasi kemiripan dari redaman pada link Surabaya-Pontianak dengan dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan distribusi Normal.



Gambar 4.15 Grafik PDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Kototabang.



Gambar 4.16 Grafik CDF Distribusi Lognormal dan Normal pada Link Surabaya-Kototabang.

Gambar 4.15 dan 4.16 gambar PDF dan CDF hasil perbandingan antara data empiris pembangkitan di link Surabaya-Kototabang selama 24 jam dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal dengan nilai mean sebesar  $8,184 \times 10^{10}$  dan varian sebesar  $9,722 \times 10^{19}$ . Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa adanya indikasi kemiripan dari redaman pada link Surabaya-Kototabang dengan dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal.

Berdasarkan hasil-hasil perbandingan data empiris redaman ekivalen dari pembangkitan ketinggian virtual berdasarkan model pada masing-masing link terhadap teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal terlihat adanya kemiripan sehingga perlu dilakukan pengujian ulang dengan menggunakan dua jenis yaitu *Kolmogorov-Smirnov* test dan juga menghitung nilai RMSE untuk menentukan keputusan distribusi yang digunakan.

#### **4.4.2 Uji *Kolmogorov-Smirnov* (K-S Test) dan Nilai RMSE.**

Berdasarkan hasil dari perbandingan data empiris redaman ekivalen pada masing-masing link yaitu Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang selama 24 jam dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal keduanya memiliki kemiripan, sehingga ada indikasi bahwa redaman tersebut memiliki 2 buah bentuk distribusi tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukannya uji ini untuk memastikan kebenaran bahwa distribusi dari redaman ekivalen adalah Lognormal dan Normal dan tentu saja juga mencari kedekatan antara Lognormal atau Normal sebagai pemilihan distribusi yang lebih mirip berdasarkan perhitungan nilai RMSE.

Dengan melakukan pengujian 2 variabel yaitu CDF hasil pengukuran dengan CDF berdasarkan data pendekatan secara teoritis didapatkan hasil pengujian dengan menggunakan K-S test sebagai berikut:

Tabel 4.13 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Lognormal Link Surabaya-Merauke.

No	Tingkat Kepercayaan	Lognormal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	0	0,6804>P>0,7780	0,0449	0,0488	Diterima
2	90%	0	0,6735>P>0,7849		0,0557	Diterima
3	95%	0	0,6671>P>0,7913		0,0621	Diterima
4	99%	0	0,6548>P>0,8036		0,0744	Diterima

Tabel 4.14 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Merauke.

No	Tingkat Kepercayaan	Normal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	1	0,6804>P>0,7780	0,0536	0,0488	Ditolak
2	90%	0	0,6735>P>0,7849		0,0557	Diterima
3	95%	0	0,6671>P>0,7913		0,0621	Diterima
4	99%	0	0,6548>P>0,8036		0,0744	Diterima

Tabel 4.15 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Lognormal Link Surabaya-Biak.

No	Tingkat Kepercayaan	Lognormal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	1	0,5429>P>0,6405	0,0584	0,0488	Ditolak
2	90%	1	0,5360>P>0,6474		0,0557	Ditolak
3	95%	0	0,5296>P>0,6538		0,0621	Diterima
4	99%	0	0,5173>P>0,6661		0,0744	Diterima

Tabel 4.16 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Biak.

No	Tingkat Kepercayaan	Normal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	1	0,5429>P>0,6405	0,0745	0,0488	Ditolak
2	90%	1	0,5360>P>0,6474		0,0557	Ditolak
3	95%	1	0,5296>P>0,6538		0,0621	Ditolak
4	99%	0	0,5173>P>0,6661		0,0744	Diterima



Tabel 4.17 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Lognormal Link Surabaya-Ternate.

No	Tingkat Kepercayaan	Lognormal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	0	$0,7762 > P > 0,8738$	0,0253	0,0488	Diterima
2	90%	0	$0,7693 > P > 0,8807$		0,0557	Diterima
3	95%	0	$0,7629 > P > 0,8871$		0,0621	Diterima
4	99%	0	$0,7506 > P > 0,8994$		0,0744	Diterima

Tabel 4.18 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Ternate.

No	Tingkat Kepercayaan	Normal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	0	$0,7762 > P > 0,8738$	0,0415	0,0488	Diterima
2	90%	0	$0,7693 > P > 0,8807$		0,0557	Diterima
3	95%	0	$0,7629 > P > 0,8871$		0,0621	Diterima
4	99%	0	$0,7506 > P > 0,8994$		0,0744	Diterima

Tabel 4.19 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Pontianak.

No	Tingkat Kepercayaan	Lognormal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	0	$0,6241 > P > 0,7217$	0,0396	0,0488	Diterima
2	90%	0	$0,6172 > P > 0,7286$		0,0557	Diterima
3	95%	0	$0,6108 > P > 0,7350$		0,0621	Diterima
4	99%	0	$0,5985 > P > 0,7473$		0,0744	Diterima

Tabel 4.20 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Pontianak.

No	Tingkat Kepercayaan	Normal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	1	$0,6241 > P > 0,7217$	0,0721	0,0488	Ditolak
2	90%	1	$0,6172 > P > 0,7286$		0,0557	Ditolak
3	95%	1	$0,6108 > P > 0,7350$		0,0621	Ditolak
4	99%	0	$0,5985 > P > 0,7473$		0,0744	Diterima

Tabel 4.21 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Kototabang.

No	Tingkat Kepercayaan	Lognormal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	1	0,4825>P>0,5801	0,0495	0,0488	Ditolak
2	90%	0	0,4756>P>0,5870		0,0557	Diterima
3	95%	0	0,4692>P>0,5934		0,0621	Diterima
4	99%	0	0,4569>P>0,6057		0,0744	Diterima

Tabel 4.22 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan Normal Link Surabaya-Kototabang.

No	Tingkat Kepercayaan	Normal				Keterangan
		H	<i>Confidance Band</i>	$D_n$	$d$	
1	80%	1	0,4825>P>0,5801	0,0729	0,0488	Ditolak
2	90%	1	0,4756>P>0,5870		0,0557	Ditolak
3	95%	1	0,4692>P>0,5934		0,0621	Ditolak
4	99%	0	0,4569>P>0,6057		0,0744	Diterima

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan RMSE antara Lognormal dan Normal.

Link	RMSE Lognormal	RMSE Normal
Surabaya-Merauke	4,1144e-13	2,8695e-16
Surabaya-Biak	5.8294e-013	5.0551e-016
Surabaya-Ternate	3.6290e-013	6.9917e-017
Surabaya- Pontianak	1.9167e-012	1.6374e-016
Surabaya-Kototabang	8.6539e-013	7.6499e-017

Pada Tabel 4.13 dan 4.14 merupakan hasil K-S test pada link Surabaya-Merauke pada dua jenis distribusi Lognormal dan Normal dimana untuk Lognormal dengan hipotesis diterima pada tingkat kepercayaan 80-99 % karena nilai  $D_n < d$ , sedangkan untuk Normal hipotesis juga diterima pada tingkat kepercayaan 90-99 %. Tabel 4.23 merupakan tabel RMSE yang didapat dari perhitungan selisih antara data empiris dari redaman ekvalen dengan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal sehingga melihat tabel tersebut dapat di ambil keputusan bahwa Surabaya-Merauke memiliki distribusi Normal.

Pada link Surabaya-Biak, hasil uji K-S test Tabel 3.15 dan 3.16 pada dua jenis distribusi Lognormal dan Normal dimana untuk Lognormal dengan hipotesis

diterima pada tingkat kepercayaan 95-99 % karena nilai  $D_n < d$ , sedangkan untuk Normal hipotesis juga diterima pada tingkat kepercayaan 99 %. Tabel 4.23 merupakan tabel RMSE untuk pengambilan keputusan bahwa Surabaya-Biak memiliki distribusi Normal.

Pada link ketiga yaitu Surabaya-Ternate, hasil uji K-S test Tabel 3.17 dan 3.18 pada dua jenis distribusi Lognormal dan Normal dimana untuk Lognormal dengan hipotesis diterima pada tingkat kepercayaan 80-99 % karena nilai  $D_n < d$ , sedangkan untuk Normal hipotesis juga diterima pada tingkat kepercayaan 80-99 %. Tabel 4.23 merupakan tabel RMSE untuk pengambilan keputusan bahwa Surabaya-Ternate memiliki distribusi Normal.

Link keempat, Surabaya-Pontianak, untuk hasil uji *Kolmogorov-Smirnov*, Tabel 3.19 dan 3.20 pada dua jenis distribusi Lognormal dan Normal dimana untuk Lognormal dengan hipotesis diterima pada tingkat kepercayaan 80-99 % karena nilai  $D_n < d$ , sedangkan untuk Normal hipotesis juga diterima pada tingkat kepercayaan 99 %. Tabel 4.23 merupakan tabel RMSE untuk pengambilan keputusan bahwa Surabaya-Pontianak memiliki distribusi Normal.

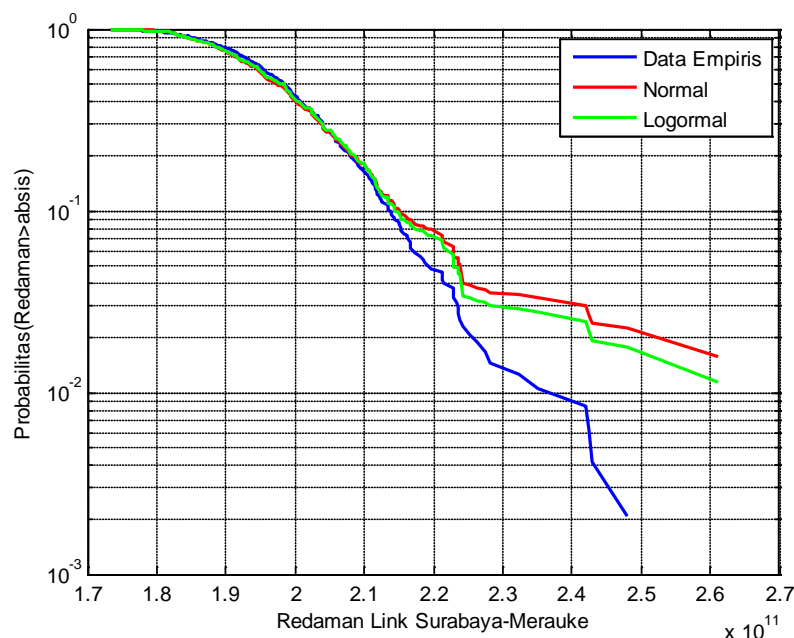
Link terakhir, Surabaya-Kototabang, untuk hasil uji *Kolmogorov-Smirnov*, Tabel 3.21 dan 3.22 pada dua jenis distribusi Lognormal dan Normal dimana untuk Lognormal dengan hipotesis diterima pada tingkat kepercayaan 90-99 % karena nilai  $D_n < d$ , sedangkan untuk Normal hipotesis juga diterima pada tingkat kepercayaan 80-99 %. Tabel 4.23 merupakan tabel RMSE untuk pengambilan keputusan bahwa Surabaya-Kototabang memiliki distribusi Normal.

Berdasarkan kelima hasil uji K-S test dan RMSE dapat disimpulkan bahwa semua redaman ekuivalen pada link-link tersebut memiliki Normal, tetapi sebagai pertimbangan kedua berdasarkan kemudahan komputasi, maka menggunakan CCDF untuk mendapatkan probabilitas outage yang akan di jelaskan pada subbab berikutnya.

#### **4.4.3 Pemilihan Distribusi Redaman pada 5 Link**

Telah banyak dijelaskan bahwa kelima link memiliki dua jenis distribusi, yaitu Lognormal dan Normal karena hipotesis pada dua jenis distribusi tersebut diterima. Penentuan distribusi Lognormal atau Normal yang sesuai untuk redaman

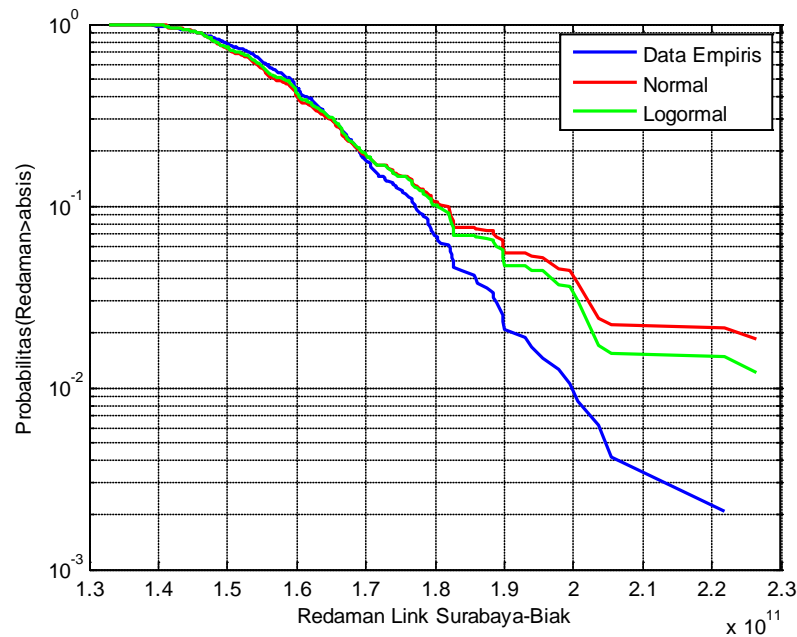
ekivalen dari masing-masing link tersebut dengan mempertimbangan probabilitas outage. Probabilitas outage ini mempengaruhi suatu sistem dapat bekerja dengan baik atau biasa disebut dengan availabilitas, dimana pada penelitian ini adalah jika suatu link memiliki redaman lebih dari maksimum batas yang diterima maka link tersebut tidak bisa digunakan sehingga perlu mencari link alternatif atau relay. Hal ini dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya pada sebuah sitem komunikasi *Cooperative HF*. Cara menentukan probabilitas outage dengan merepresentasikannya dalam bentuk grafik CCDF.



Gambar 4.17 Grafik CCDF pada Link Surabaya-Merauke.

Cara menentukan batas maksimum availabilitas dengan asumsi bahwa probabilitas outage sebesar 5% berarti nilai maksimumnya sebesar 95% jadi redaman pada titik tersebut adalah nilai maksimum dan selebihnya di anggap bahwa link tersebut tidak dapat digunakan. Gambar 4.17, merupakan grafik CCDF link Surabaya-Merauke, ketika probabilitas outage sebesar 5 % memiliki redaman sebesar  $2,22 \times 10^{11}$  lebih dari nilai tersebut maka dinyatakan bahwa link Surabaya-Merauke tidak dapat digunakan. Grafik tersebut juga menggambarkan dua distribusi baik Lognormal maupun Normal, meskipun

terlihat bahwa distribusi Lognormal lebih mendekati di bandingkan dengan Normal, tetapi ketika terletak pada probabilitas outage tersebut masih bernilai sama. Berdasarkan analisa tersebut dan mempertimbangkan kemudahan dalam aplikasinya maka link Surabaya-Merauke dinyatakan berdistribusi Normal.

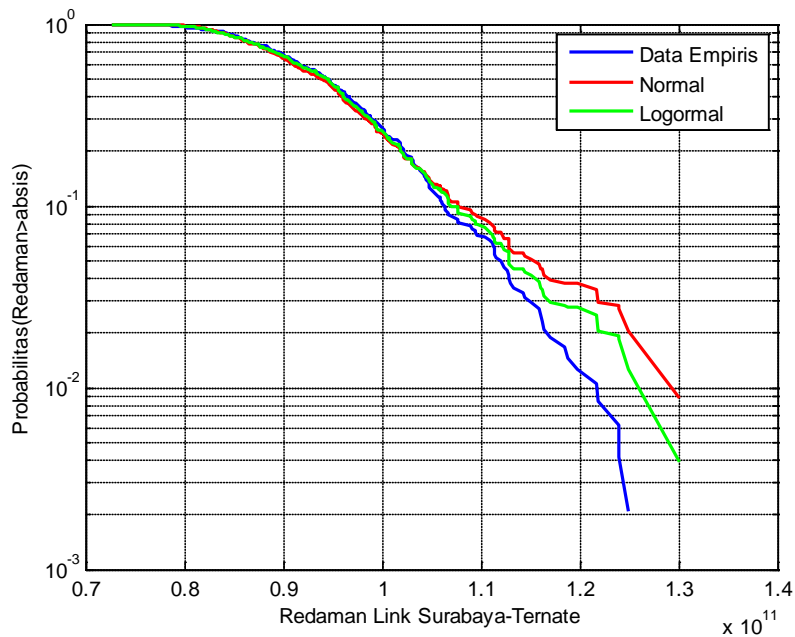


Gambar 4.18 Grafik CCDF pada Link Surabaya-Biak.

Sama halnya dengan link pertama, pada link Surabaya-Biak bila dilihat dengan probabilitas outage sebesar 5% maka nilai redaman sebesar  $1,9 \times 10^{11}$  lebih dari itu di anggap bahwa redaman pada link ini besar. Grafik 4.18 tersebut juga menggambarkan dua distribusi baik Lognormal maupun Normal, meskipun terlihat bahwa distribusi Lognormal juga lebih mendekati di bandingkan dengan Normal, tetapi ketika terletak pada probabilitas outage tersebut masih bernilai sama. Berdasarkan analisa tersebut dan mempertimbangkan kemudahan dalam aplikasinya maka link Surabaya-Biak dinyatakan berdistribusi Normal.

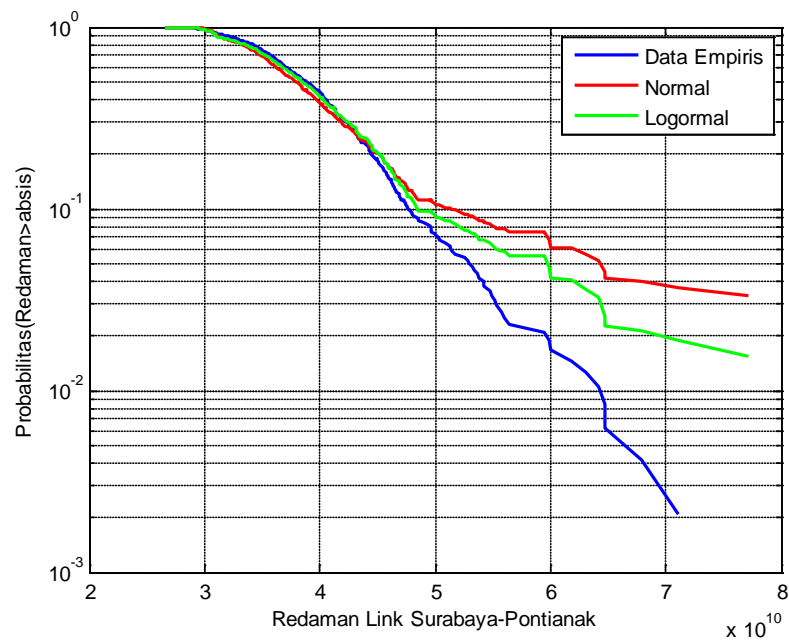
Pada link Surabaya-Ternate bila dilihat dengan probabilitas outage sebesar 5% maka nilai redaman sebesar  $1,12 \times 10^{11}$  lebih dari itu di anggap bahwa redaman pada link ini besar. Grafik tersebut juga menggambarkan dua distribusi baik Lognormal maupun Normal, meskipun terlihat bahwa distribusi Lognormal

juga lebih mendekati di bandingkan dengan Normal, tetapi ketika terletak pada probabilitas outage tersebut masih bernilai sama. Berdasarkan analisa tersebut dan mempertimbangkan kemudahan dalam aplikasinya maka link Surabaya-Ternate dinyatakan berdistribusi Normal.

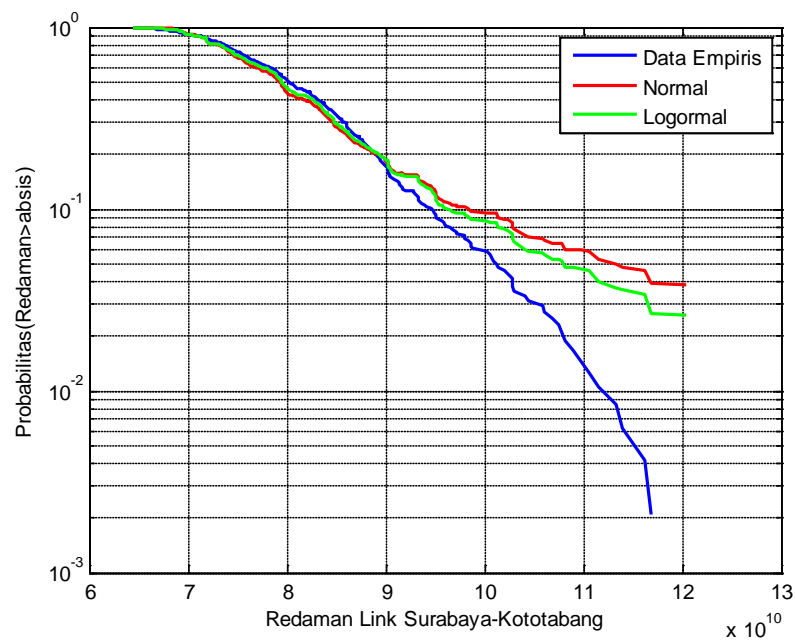


Gambar 4.19 Grafik CCDF pada Link Surabaya-Ternate.

Gambar 4.20, merupakan link Surabaya-Pontianak bila dilihat dengan probabilitas outage sebesar 5% maka nilai redaman sebesar  $6 \times 10^{10}$  Untuk distribusi Lognormal dan  $6,4 \times 10^{10}$  untuk ditribusi normal lebih dari itu di anggap bahwa redaman pada link ini besar. Grafik tersebut juga menggambarkan dua distribusi baik Lognormal maupun Normal, meskipun terlihat bahwa distribusi Lognormal juga lebih mendekati di bandingkan dengan Normal, tetapi ketika terletak pada probabilitas outage tersebut berbeda dengan grafik link lainnya terdapat selisih tetapi hanya sebesar 0,4, sehingga masih di anggap masih bernilai sama. Berdasarkan analisa tersebut dan mempertimbangkan kemudahan dalam aplikasinya maka link Surabaya-Pontianak dinyatakan berdistribusi Normal.



Gambar 4.20 Grafik CCDF pada Link Surabaya-Pontianak.



Gambar 4.21 Grafik CCDF pada Link Surabaya-Kototabang.

Gambar 4.21, merupakan link Surabaya-Kototabang bila dilihat dengan probabilitas outage sebesar 5% maka nilai redaman sebesar  $10,8 \times 10^{10}$  Untuk distribusi Lognormal dan  $11,2 \times 10^{10}$  untuk distribusi normal lebih dari itu di

anggap bahwa redaman pada link ini besar. Grafik tersebut juga menggambarkan dua distribusi baik Lognormal maupun Normal, meskipun terlihat bahwa distribusi Lognormal juga lebih mendekati di bandingkan dengan Normal, tetapi ketika terletak pada probabilitas outage tersebut berbeda dengan grafik link lainnya terdapat selisih tetapi hanya sebesar 0,4, sehingga masih di anggap masih bernilai sama. Berdasarkan analisa tersebut dan mempertimbangkan kemudahan dalam aplikasinya maka link Surabaya-Kototabang dinyatakan berdistribusi Normal.

#### **4.5 Sintesa**

Dari hasil yang telah di dapat di subbab-subbab sebelumnya akan dijelaskan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada rumusan masalah pada subbab 1.2. Pembahasan pertama menjelaskan hasil korelasi ketinggian virtual Lapisan-F Ionosfer yang menggambarkan hubungan keadaan lapisan pada titik lokasi yang terpasang Ionosonde. kedua model-model karakteristik spatial Ionosfer yang memiliki variasi yang berbeda selama 24 jam dalam interval 1 jam. Ketiga redaman ekivalen yang menggambarkan besarnya redaman yang terjadi pada link yang terletak pada kisaran daerah yang terdapat Ionosonde dalam mode 1F sampai 6F. Terakhir bentuk distribusi dari redaman ekivalen selama 24 jam pada masing-masing link, yaitu Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang.

##### **4.5.1 Korelasi Ketinggian Virtual Lapisan-F Ionosfer**

Ketinggian virtual merupakan salah satu parameter untuk menggambarkan keadaan dari lapisan Ionosfer. Setiap lapisan dari Ionosfer baik itu Lapisan-D, Lapisan-E, Lapisan-F memiliki ketinggian virtual masing-masing. Pada sebuah sistem komunikasi HF, Lapisan-F merupakan lapisan yang digunakan sebagai media pantul dari gelombang HF. Keadaan dari Lapisan Ionosfer bervariasi, ada variasi jam, variasi harian, variasi bulanan, variasi tahunan, bahkan ada juga variasi 10 tahunan, dan hal ini juga di pengaruhi oleh cuaca Antariksa sebagai contoh adalah radiasi Matahari. Hal ini dapat dilihat pada hasil korelasi ketinggian virtual baik yang ada pada bab ini dan lampiran A. Ketinggian pada jam-jam dini hari kisaran 02.00 -05.00 WIB hampir pada semua link memiliki nilai koefisien



korelasi sebesar diatas 0,5 hal ini menunjukkan bahwa keadaan dari ketinggian virtual Lapisan-F Ionosfer sama. Terlihat terjadi penurunan nilai koefisien korelasi pada pukul 06.00 -17.00 WIB kisaran sebesar 0,4 diartikan bahwa keadaan ketinggian virtual dari Lapisan-F Ionosfer tidak saling berhubungan, dan terjadi peningkatan nilai koefisien korelasi kembali pada jam 18.00-20.00 WIB. Keadaan seperti ini disebabkan karena terjadinya peningkatan dan penurunan kerapatan elektron pada masing-masing lapisan Ionosfer. Hal ini tidak dapat diprediksi karena sesuai dengan keadaan aktifitas matahari yang mempengaruhinya.

#### **4.5.2 Model Karakteristik Spasial Ionosfer**

Cara mendapatkan model yang sesuai dengan variasi spasial Ionosfer selama 24 jam dengan interval 1 jam yang pertama dilakukan dengan menggunakan fitting polynomial dengan permutasi derajat x dari 1-5 dan derajat y 1-5 untuk mendapatkan banyaknya koefisien yang ada pada persamaan polynomial tersebut dan untuk input jarak, sudut dan koefisien korelasi pada 11 link. Hasil fitting tersebut juga menampilkan parameter hasil fitting terbaik ketika pada derajat tersebut salah satunya yang perlu diperhatikan adalah SSE (*Sum Square Error*). Setelah didapat beberapa model pada setiap jam maka perlu di uji ulang dengan memasukkan input jarak dari 0-4000 Km dan Sudut  $0^0$ - $180^0$ . Hasil uji ulang bertujuan untuk mendapatkan model yang sesuai dari beberapa model yang telah didapat dari hasil fitting dengan indikasi tidak ada nilai koefisien korelasi lebih dari 1 dan -1. Pada jam 00.00 WIB menggunakan model polynomial (2,1) dengan nilai SSE 0,204. Jam 01.00 WIB menggunakan model polynomial (3,1) dengan SSE 0,081. Jam 02.00 WIB menggunakan model polynomial (3,1) dengan SSE 0,164. Jam 03.00 WIB menggunakan model Polynomial (3,1) dengan SSE 0,276. Jam 04.00 WIB model polynomial (1,1) dengan SSE 0,440. Jam 05.00 WIB model polynomial (1,1) dengan nilai SSE 0,258. Jam 06.00 dengan model polynomial (1,1) dengan SSE 0,139. Jam 07.00 WIB dengan model polynomial (2,2) dengan SSE 0,033. Jam 08.00 WIB dengan model polynomial (2,2) dan nilai SSE sebesar 0,083. Jam 09.00 WIB dengan model polynomial (2,2) dan nilai SSE sebesar 0,050. Jam 10.00 WIB dengan model polynomial (3,1) dengan SSE 0,034.

Jam 11.00 WIB dengan model polynomial (2,2) dan SSE 0,041. Jam 12.00 WIB dengan model polynomial (3,1), SSE 0,017. Jam 13.00 WIB menggunakan model polynomial (1,1), SSE 0,137. Jam 14.00 WIB menggunakan model polynomial (2,2), SSE 0,119. Jam 15.00 WIB menggunakan model polynomial (2,2), SSE 0,069. Jam 16.00 WIB model yang digunakan adalah polynomial (3,1), SSE 0,006. Jam 17.00 WIB model yang digunakan adalah polynomial (2,2), SSE sebesar 0,067. Jam 18.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,341. Jam 19.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,118. Jam 20.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,590. Jam 21.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,360. Jam 22.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,245. Jam 23.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,220.

#### **4.5.3 Redaman Ekvivalen**

Model-model yang telah didapat tersebut berfungsi untuk membangkitkan ketinggian virtual ( $h'f$ ) pada link yang berada di sekitar lokasi yang terdapat Ionosonde yaitu link Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak dan Surabaya-Kototabang. Pembangkitan tersebut digunakan untuk mendapatkan besar redaman ekivalen pada setiap link tersebut pada mode 1F sampai 6F. Redaman ekivalen pada masing-masing link tersebut dikorelsikan dengan link Surabaya-Merauke sebagai referensi untuk mendapatkan hubungan bagaimana redaman yang terjadi antara link Surabaya-Merakue dan Surabaya-Biak, link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate, link Surabaya-Merauke dan Surabaya Pontianak, link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Kototabang dan hasilnya link terdekat yang memungkinkan bisa digunakan sebagai relay untuk sistem komunikasi HF Surabaya-Merauke adalah Surabaya-Biak dan Surabaya-Ternate karena memiliki orientasi arah yang sama. Link Surabaya-Biak dapat digunakan sebagai alternatif relay untuk seluruh jam kecuali jam 00.00 WIB karena korelasinya sebesar -0,696, sedangkan, link Surabaya-Ternate dapat digunakan alternatif relay pada seluruh jam kecuali jam 06.00 WIB karena masing-masing korelasinya sebesar -0,696. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya sistem komunikasi *cooperative* HF sebagai rekomendasi pada jam

00.00 WIB link yang bisa digunakan alternatif adalah Surabaya-Ternate saja, sedangkan pada jam 06.00 WIB link yang dapat digunakan sebagai alternatif hanya link Surabaya-Biak saja.

#### 4.5.4 Distribusi Redaman Ekuivalen

Ada tiga tahap yang telah dilalui untuk mendapatkan bentuk distribusi dari redaman ekuivalen, yang pertama membandingkan antara empiris dan teoritis dari distribusi Lognormal dan Normal, kedua menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* untuk menguji kebenaran bahwa data empiris terdistribusi Lognormal dan Normal dan juga berdasarkan nilai RMSE, dan ketiga penentuan distribusi mana yang cocok untuk diterapkan pada data empiris terutama sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Hasilnya adalah link Surabaya-Merauke dinyatakan berdistribusi Normal dengan probabilitas outage sebesar 5 % memiliki redaman sebesar  $2,22 \times 10^{11}$ . Link Surabaya-Biak dinyatakan berdistribusi Normal dengan probabilitas outage sebesar 5% maka nilai redaman sebesar  $1,9 \times 10^{11}$ . Link Surabaya-Ternate dinyatakan berdistribusi Normal dengan probabilitas outage sebesar 5% maka nilai redaman sebesar  $1,12 \times 10^{11}$ . Link Surabaya-Pontianak dinyatakan berdistribusi Normal dengan probabilitas outage sebesar 5% dan redaman sebesar  $6,4 \times 10^{10}$ . Link Surabaya-Kototabang dinyatakan berdistribusi Normal dengan probabilitas outage sebesar 5% dan nilai redaman  $11,2 \times 10^{10}$ .

***(Halaman Sengaja Dikosongkan)***

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil-hasil dan analisa yang telah diperoleh pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa:

##### **a. Korelasi Ketinggian Virtual Lapisan-F ( $h'F$ ).**

1. Data parameter ketinggian virtual Lapisan-F hasil pengukuran Ionosonde dikorelasikan hasilnya terjadi peningkatan koefisien korelasi hampir pada 11 link pada dini hari pada pukul 02.00-05.00 WIB dengan nilai di atas 0,5. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan dari lapisan Ionosfer memiliki keadaan yang sama pada setiap titik lokasi yang terukur oleh Ionosonde baik itu terjadi penurunan atau peningkatan ketinggian virtual.
2. Terjadi penurunan nilai koefisien korelasi pada semua 11 link diatas jam 06.00-17.00 WIB dengan nilai di bawah 0,3. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan lapisan Ionosfer, misal pada titik lokasi A terjadi penurunan ketinggian virtual dan titik lokasi B peningkatan ketinggian virtual, sehingga, tidak saling berhubungan.
3. Peningkatan nilai koefisien korelasi pada jam 18.00 WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT dan jam 05.00 WIB, 06.00 WITA, 07.00 WIT besarnya di atas 0,5. Hal ini disebabkan karena peningkatan ketinggian virtual hampir pada semua titik lokasi yang terukur Ionosonde baik itu Biak, Pontianak, Kupang, Manado dan Tanjungsari.

##### **b. Model Spatial Ionosfer.**

1. Pada setiap jam selama 24 jam lapisan Ionosfer memiliki variasi yang berbeda-beda maka model untuk menggambarkan karakteristik spasial Ionosfer ada 24 model.
2. Cara mendapatkan model tersebut tidak hanya melihat parameter nilai SSE terkecil tetapi perlu diuji ulang dengan bentuk spasial lainnya yaitu jarak dan sudut lainnya dari 0-4000 Km dan  $0^0$ - $180^0$  dengan tujuan untuk menentukan

model yang sesuai untuk menggambarkan variasi ketinggian virtual ( $h'f$ ) yang mana harus bernilai antara 1 sampai -1. Pada jam 00.00 WIB menggunakan model polynomial (2,1) dengan nilai SSE 0,204. Jam 12.00 WIB dengan model polynomial (3,1), SSE 0,017. 18.00 WIB model yang digunakan polynomial (1,1), SSE 0,341.

3. Distribusi dari ketinggian virtual Lapisan-F dengan melakukan pengujian dengan 3 jenis distribusi yaitu Rayleigh, distribusi Gamma, dan juga distribusi Lognormal, dimana hasilnya Ketinggian Virtual ( $h'f$ ) memiliki distribusi Lognormal.
4. Model-model yang didapat dan bentuk distribusi dari ketinggian virtual Lapisan-F digunakan untuk membangkitkan ketinggian virtual pada link lainnya yang terletak pada sekitar daerah yang terdapat Ionosonde. yaitu Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang. Ketinggian virtual Lapisan-F digunakan untuk mendapatkan nilai redaman dari mode 1F sampai 6F.

**c. Redaman Ekvivalen Link.**

1. Nilai redaman dipengaruhi oleh 2 hal yaitu selain panjangnya lintasan dimana panjang lintasan ini berhubungan dengan tingginya ketinggian virtual ( $h'f$ ), dan besarnya frekuensi kritis disaat memiliki ketinggian tersebut.
2. Redaman yang didapat pada masing-masing link yaitu Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang dikorelasikan dan sebagai link referensi adalah Surabaya-Merauke karena disesuaikan dengan pengukuran sesungguhnya yaitu sistem komunikasi HF Surabaya-Merauke untuk mencari jalur alternatif atau relay yang sesuai untuk membantu sistem komunikasi HF ini jika link utamanya yaitu Surabaya-Merauke tidak bisa digunakan akibat gangguan-gangguan pada sistem komunikasi HF.
3. Link Surabaya-Biak dapat digunakan sebagai alternatif relay untuk seluruh jam kecuali jam 00.00WIB karena korelasinya diatas -0,5 yaitu -0,607, sedangkan, link Surabaya-Ternate dapat digunakan alternatif relay pada

seluruh jam kecuali jam 06.00 WIB karena korelasinya di atas -0,5 yaitu -0,696.

4. Sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya ketika jam 00.00 WIB hanya link Surabaya-Ternate saja yang bisa digunakan sebagai relay sedangkan pada jam 06.00 WIB hanya link Surabaya-Biak saja yang bisa digunakan sebagai relay.
5. Mendapatkan distribusi dari redaman pada masing-masing link Surabaya-Merauke, Surabaya-Biak, Surabaya-Ternate, Surabaya-Pontianak, Surabaya-Kototabang dengan dilakukan pengujian dengan 2 jenis distribusi yaitu Lognormal dan Normal. Berdasarkan hasil perbandingan antara data empiris dan teoritis dari kedua distribusi tersebut redaman ekivalen terdistribusi Lognormal dan Normal. Berdasarkan hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* hipotesis bahwa data redaman empiris terdistribusi Lognormal dan Normal diterima pada tingkat kepercayaan tertentu dari 80-99 %. Berdasarkan nilai RMSE yang di dapat maka distribusi dari redaman ekivalen adalah Normal
6. Penentuan pemilihan distribusi yang sesuai yaitu mengikuti probabilitas outage sebesar 5% yaitu atau availibilitas sebesar 95% menentukan nilai maksimum redaman yang bisa diterima oleh sebuah sistem komunikasi HF pada masing-masing link, yaitu Surabaya-Merauke terdistribusi Normal dengan mean  $1,991 \times 10^{11}$ , varian  $1,431 \times 10^{20}$ . Surabaya-Biak terdistribusi Normal dengan mean  $1,601 \times 10^{11}$ , varian  $1,695 \times 10^{20}$ . Link Surabaya-Ternate dengan mean  $9,488 \times 10^{10}$ , varian  $8,699 \times 10^{19}$ . Link Surabaya-Pontianak dengan mean  $3,972 \times 10^{10}$ , varian  $5,066 \times 10^{19}$ . Link Surabaya-Kototabang dengan mean  $8,184 \times 10^{10}$ , varian  $9,722 \times 10^{19}$ .
7. Sebagai rekomendasi bahwa link masih bisa dikatakan dapat digunakan jika untuk redaman Surabaya-Merauke  $\leq 2,22 \times 10^{11}$ , Surabaya-Biak  $\leq 1,9 \times 10^{11}$ , Surabaya-Ternate  $\leq 1,12 \times 10^{11}$ , Surabaya-Pontianak  $\leq 6,4 \times 10^{10}$ , Surabaya-Kototabang  $\leq 11,2 \times 10^{10}$ .

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan pada penelitian karakteristik spatial Ionosfer untuk sistem komunikasi HF di daerah *Equatorial* adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data parameter lapisan Ionosfer sebaiknya dilakukan secara rutin mungkin bisa dilakukan selama 10 tahun misalkan untuk bisa mendapatkan data yang lebih akurat atau paling tidak ada data setiap harinya.
2. Hasil-hasil yang telah diperoleh bisa diverifikasi dengan menggunakan data hasil pengukuran sesungguhnya pada link Surabaya-Merauke dan Surabaya-Ternate.
3. Untuk pengolahan datanya harus lebih teliti lagi untuk mengurangi kesalahan-kesalahan dalam pengolahan data selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surya, A., “Perbedaan Media Transmisi Wireless dan Satelit”, *Jurnal Universitas Sriwijaya*, 2009.
- [2] McNamara, L. F., “The Ionosphere: Communication, Surveillance, and Directin Finding”, Krieger Publishing Company, Mlabar, Florida, 1991.
- [3] Kadambi, G. R., Krishnan, K., Karthikeyan, B. R., “HF Channel Estimation for MIMO System Based on Particel Filter Technique”, *IEEE Journal of Communication*, Vol. 5, No.9, October 2010.
- [4] Jiyo, “Dinamika Lapisan *Ionosfer* dan Dampak Terhadap Propagasi Gelombang Radio HF”, Bandung, 2013.
- [5] Booker, H. G., Ferguson, J. A., “A Theoritical Model for Equatorial Ionospheric Spread-F Echoes In The HF And VHF”, *Journal of Athmospheric and Terrestrial Physics*, Vol. 40, PP. 803 to 829, 1997.
- [6] Booker, H. G., Tao, J., Behroozi-toosi, A. B., ”A Scintillation Theory of Fading in Long Distance HF Ionospheric Communication”, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Vol. 49, No. 9, PP. 939-958, 1987.
- [7] Uysal, M., Heidarpour, M. R., “Cooperative Communication Techniques for Future-Generation HF radio”, *Topics in Military Communications, IEEE Communication Magezine*, October 2012.
- [8] Miyake, T., Kurokawa, T., Okada, T., Ishisaka, K., “Estimation of Spatial Structure of Lower Ionosphere With Two-Dimensional FDTD Simulations”, *General Assembly and Scientific Symposium Procedding, IEEE*, Agustus, 2011.
- [9] McNamara, L. F., Wilkinson, P. J.,”Spatial Correlation of  $f_0F2$  Deviation and Their Implication for Global Ionospheric Model: 1. Ionosondes in Australia and Papua New Guinea”, *Radio Science*, Vol 44, 2009.
- [10] Maslin, N., “HF Communication A System Approach”, Pitman Publishing, London, 1987.
- [11] Devies, K., “Ionospheric Radio”, Peter Peregrinus Ltd, London, 1990.
- [12] ---, “Pentingnya Atmosfer Bumi”. Bidang Pemodelan Atmosfer, LAPAN.

- [13] ---, "Introduction to HF Radio Propagation". IPS Radio and Space Services. Australian Government.
- [14] ITU-R P-533-11, "Method For The Prediction of The Performance of HF Circuit", *Radio Propagation*, 2012.
- [15] Jiyo, "Propagasi Gelombang Radio HF Pada Sirkuit Komunikasi Stasiun Tetap Dengan Stasiun Bergerak", *Berita Dirgantara*, Vol. 10, No. 3, 2009.
- [16] Amatir Association of America, "Propagation", American Radio Relay League, Inc.
- [17] Blaunstein, N., Plohotniuc, E., "Ionosphere And Applied Aspects Of Radio Communication And Radar", CRC Press, United States of America, 2008.
- [18] Ekawati, S., Martiningrum, D. R., Ristanti, N., Marlia, D., "Lapisan E Sporadic Ionosfer Global Dari Teknik GPS-RO", *Berita Dirgantara*, Vol. 13, No. 2, 2012.
- [19] Muslim, B., Saroso, S., Liong, T. H., "Variabilitas Harian *Equatorial Spread F* di Atas Biak( $01^{\circ}$  LS,  $135^{\circ}$  BT)", *Kontribusi Fisika Indonesia*, Vol. 12, No. 3, 2001.
- [20] Walpole, R. E., "Pengantar Statistika", Edisi ke-3, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Indonesia, 1995.
- [21] E. Amiyella, "Korelasi dan Regresi Linier", Bio Statistic.
- [22] Bishop, C. M., "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, New York, USA, 2006.
- [23] Hoog, Tanis, "Probability and Statistical Inference", 5<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall Inc, New Jersey, USA, 1997.
- [24] ---, "Data-Data Parameter Ionosfer". LAPAN.
- [25] Proakis, J. G., Salehi, M., "Digital Communication", McGraw-Hill, New York, USA, 2008
- [26] Hendranto, G., "*Analysis of Diversity Gain in Dual-Link Milimeter-Wave Radio Communication System under the Impact of Rain Attenuation*", Industri, Februari, 2007
- [27] Proakis, J. G., Salehi, M., "Contemporary Communication System using MATLAB", PWS Publishing Company, Boston, USA, 1997
- [28] Goldsmith, A., "Wireless Communication", Cambridge University Press, Inggris, USA, 2005

**LAMPIRAN A**  
**KORELASI KETINGGIAN VIRTUAL ( $h'f$ ) SETIAP JAM**  
**SELAMA 24 JAM**

**1. Jam 00.00 WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,427
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,431
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,571
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-0,191
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,412
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,156
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,086
8	Kototabang-Kupang	2801,60	113,78	0,252
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,130
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,037
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,022

**2. Jam 01.00 WIB, 02.00 WITA, 03.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,533
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,575
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,588
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,253
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,578
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,427
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,363
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,292
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,069
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,009
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,086

**3. Jam 02.00 WIB, 03.00 WITA, 04.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,539
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,538
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,575
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,506
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,518
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,514

7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,557
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,145
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,014
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,013
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,052

**4. Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,457
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,416
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,700
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,410
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,670
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,371
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,546
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,081
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,078
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,082
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,027

**5. Jam 04.00 WIB, 05.00 WITA, 06.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,366
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,428
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,509
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,562
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,606
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,687
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,471
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,651
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,037
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,006
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,044

**6. Jam 05.00 WIB, 06.00 WITA, 07.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,509
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,468
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,623
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,322
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,321
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,550
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,262

8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,610
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,030
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,023
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,083

**7. Jam 06.00 WIB, 07.00 WITA, 08.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,309
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,143
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,008
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,266
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,052
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,346
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,078
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,213
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,199
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,012
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,030

**8. Jam 07.00 WIB, 08.00 WITA, 09.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,189
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,031
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,012
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,132
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,133
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,033
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,064
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,330
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,122
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,051
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,021

**9. Jam 08.00 WIB, 09.00 WITA, 10.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,044
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,067
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,004
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,329
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,216
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,118
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,109
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,382

9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,002
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,029
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,026

#### 10. Jam 09.00 WIB, 10.00 WITA, 11.00 WIT

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,028
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,081
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,054
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,057
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,041
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	-0,142
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,003
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,134
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,025
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,059
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,023

#### 11. Jam 10.00 WIB, 11.00 WITA, 12.00 WIT

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,072
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,013
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,094
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-0,024
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,080
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,008
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,217
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,059
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,111
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,024
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,046

#### 12. Jam 11.00 WIB, 12.00 WITA, 13.00 WIT

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,182
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,056
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,069
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,148
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,071
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,486
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,238
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,085
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,030

10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,040
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,064

### 13. Jam 12.00 WIB, 13.00 WITA, 14.00 WIT

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,213
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,090
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,124
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,133
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,064
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	-0,028
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,024
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	-0,004
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,059
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,038
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,002

### 14. Jam 13.00 WIB, 14.00 WITA, 15.00 WIT

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,159
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,097
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,129
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-0,053
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	-0,094
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,061
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,050
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,271
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,026
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,091
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,034

### 15. Jam 14.00 WIB, 15.00 WITA, 16.00 WIT

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,233
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,017
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,074
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,027
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,064
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,309
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	-0,037
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	-0,096
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,063
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,013

11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,110
----	-----------------	---------	------	--------

**16. Jam 15.00 WIB, 16.00 WITA, 17.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,175
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	-0,004
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	-0,015
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-0,063
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,133
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	-0,023
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,192
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	-0,107
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,156
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,021
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,105

**17. Jam 16.00 WIB, 17.00 WITA, 18.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,101
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,014
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,040
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-0,065
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,046
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,099
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,072
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,149
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,180
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,134
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,035

**18. Jam 17.00 WIB, 18.00 WITA, 19.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,021
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,275
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,181
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,344
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,414
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,547
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,195
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,380
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,202
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,267
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,042



**19. Jam 18.00 WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,565
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,585
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,367
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,681
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,661
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,622
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,081
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,137
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,580
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,571
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,293

**20. Jam 19.00 WIB, 20.00 WITA, 21.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,641
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,790
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,770
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,552
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,729
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,470
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,423
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,370
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,558
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,567
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,536

**21. Jam 20.00 WIB, 21.00 WITA, 22.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,771
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,763
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,876
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,367
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,694
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,048
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,495
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,031
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,502
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,536
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,354

**22. Jam 21.00 WIB, 22.00 WITA, 23.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,565
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,544
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,855
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,154
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,347
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,105
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	0,319
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,040
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,043
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	0,261
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,114

**23. Jam 22.00 WIB, 23.00 WITA, 00.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,286
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,117
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,589
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	0,023
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	0,416
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	0,295
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	-0,026
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	0,280
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	0,009
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,010
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	-0,134

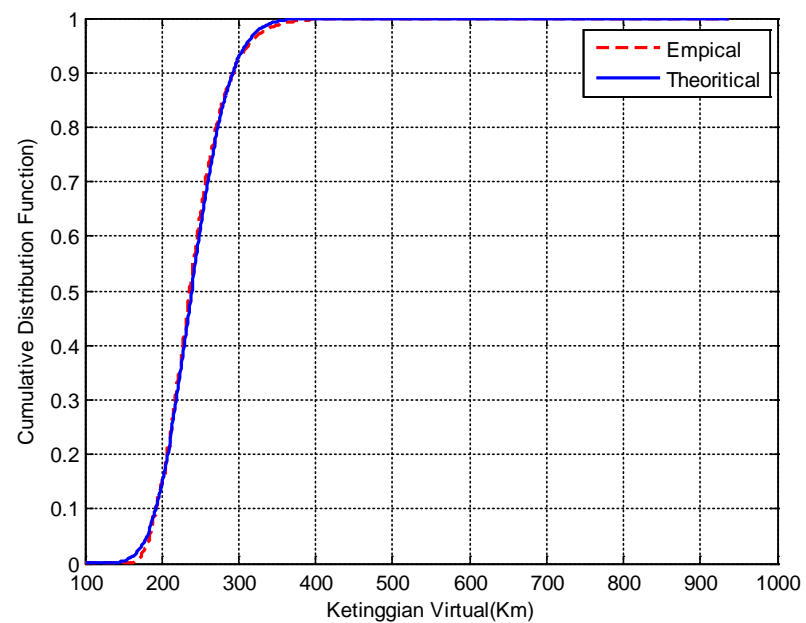
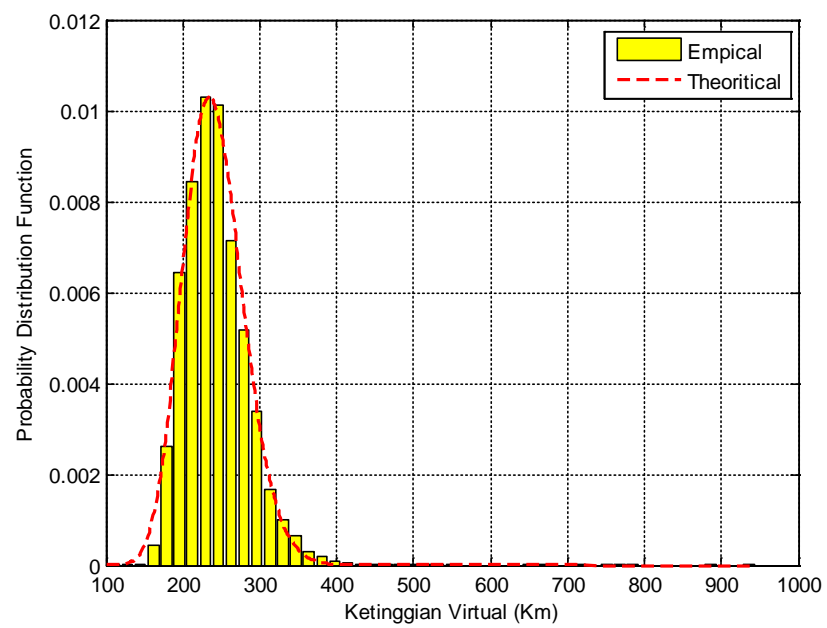
**24. Jam 23.00 WIB, 00.00 WITA, 01.00 WIT**

No	Nama Link	Jarak (Km)	Sudut ( $^{\circ}$ )	Korelasi
1	Tanjungsari-Pontianak	821,08	22,07	0,459
2	Tanjungsari-Kototabang	1082,55	132,82	0,375
3	Kototabang-Pontianak	1110,33	88,47	0,537
4	Manado-Kupang	1278,17	5,66	-
5	Pontianak-Manado	1620,08	84,54	-
6	Pontianak-Kupang	1853,92	127,76	-
7	Kototabang-Manado	2729,06	86,11	-
8	Kototabang-Kupang	2801,6	113,78	-
9	Biak-Pontianak	2859,47	92,25	-0,119
10	Biak-Tanjungsari	3225,09	79,48	-0,259
11	Biak-Kototabang	3968,22	91,3	0,173

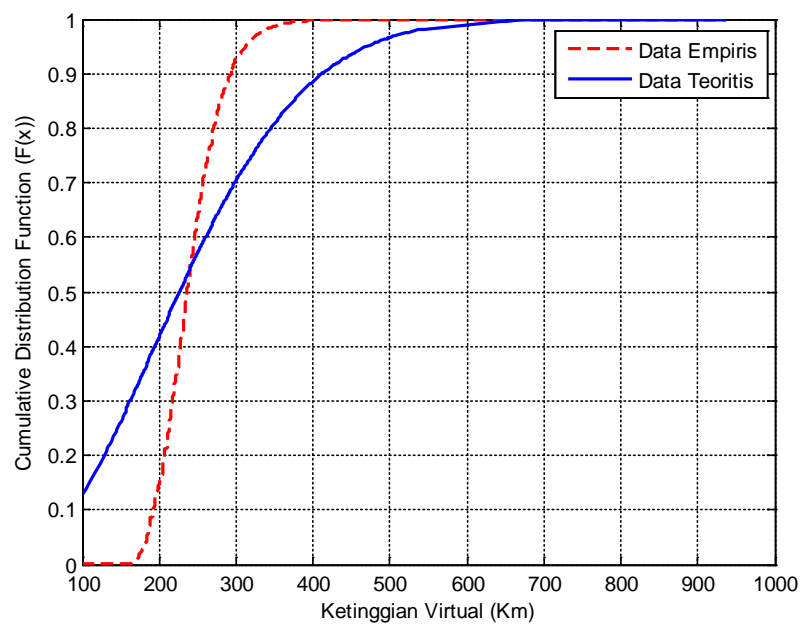
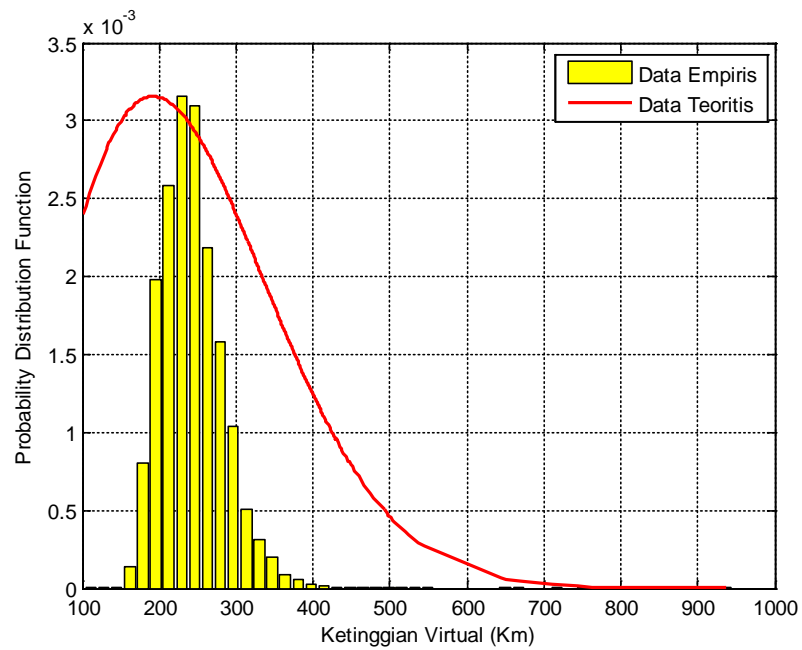
## LAMPIRAN B

### BENTUK DISTRIBUSI RAYLEIGH DAN GAMMA KETINGGIAN VIRTUAL ( $H'F$ )

#### 1. PDF dan CDF Ketinggian Virtual Distribusi Gamma.



## 2. PDF dan CDF Ketinggian Virtual Distribusi Rayleigh.

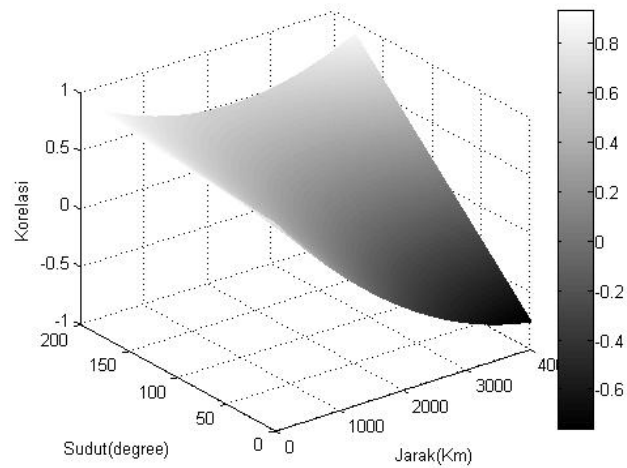


# LAMPIRAN C

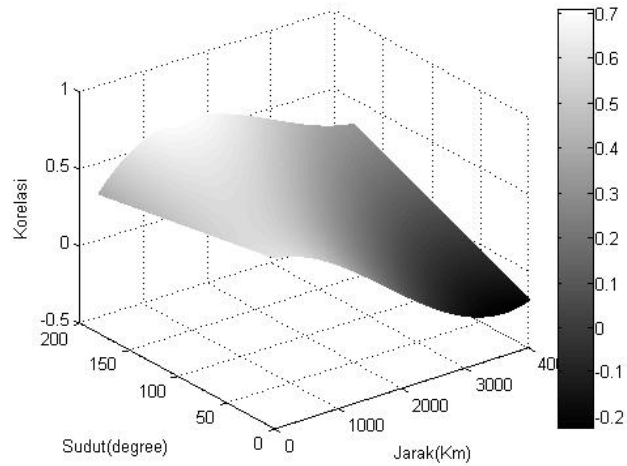
## GAMBAR HASIL REGRESI MODEL POLYNOMIAL

### SETIAP JAM SELAMA 24 JAM

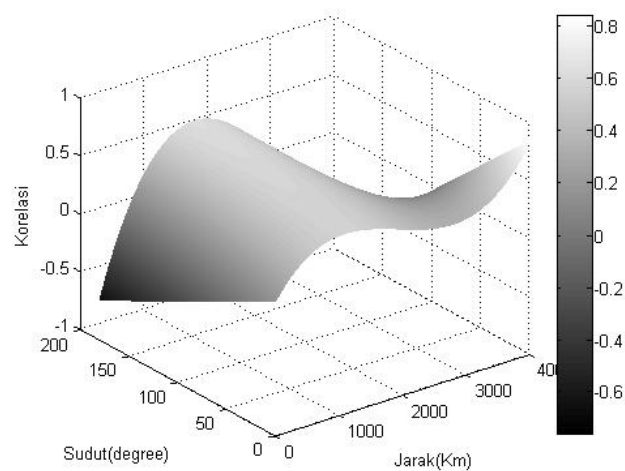
#### 1. Polynomial (2,1) Jam 00.00 WIB, 01.00 WITA, 02.00 WIT



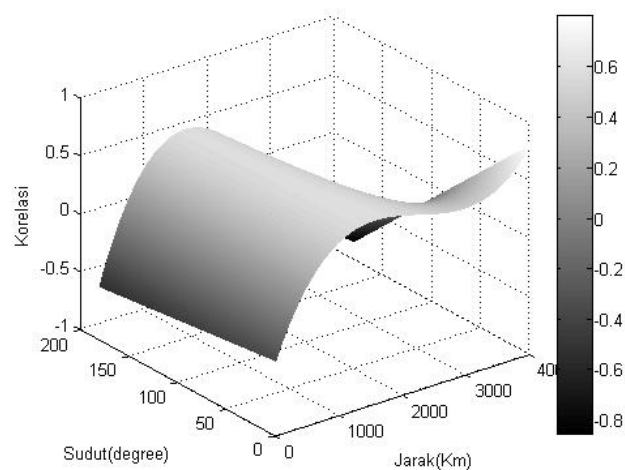
#### 2. Polynomial (3,1) Jam 01.00 WIB, 02.00 WITA, 03.00 WIT



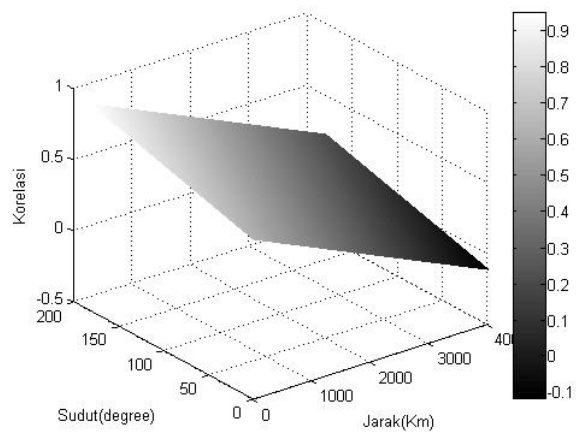
**3. Polynomial (3,1) Jam 02.00 WIB, 03.00 WITA, 04.00 WIT**



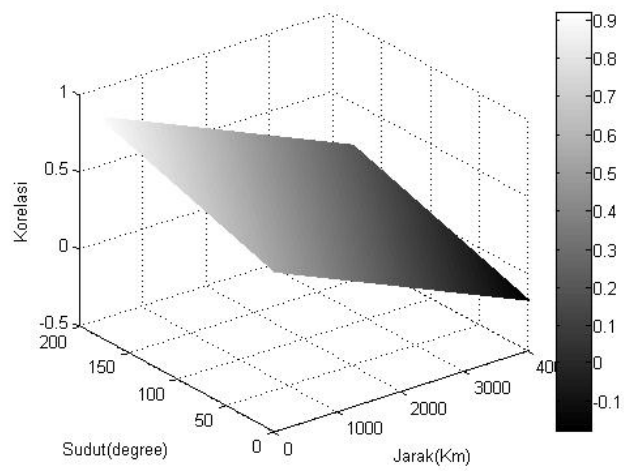
**4. Polynomial (3,1) Jam 03.00 WIB, 04.00 WITA, 05.00 WIT**



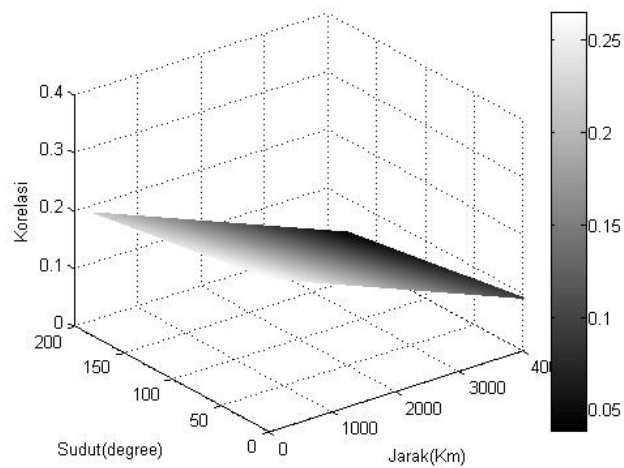
**5. Polynomial (1,1) Jam 04.00 WIB, 05.00 WITA, 06.00 WIT**



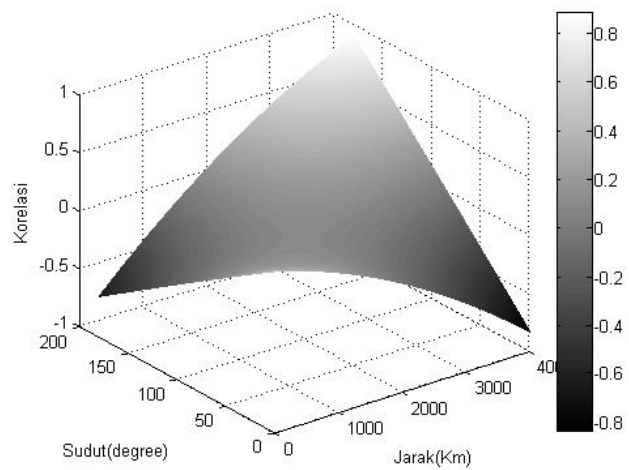
**6. Polynomial (1,1) Jam 05.00 WIB, 06.00 WITA, 07.00 WIT**



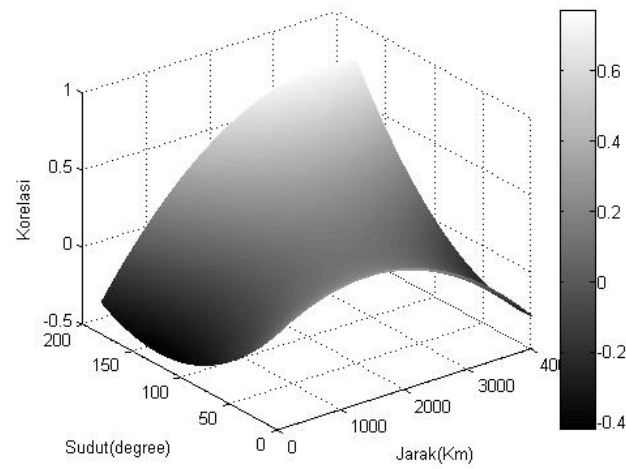
**7. Polynomial (1,1) Jam 06.00 WIB, 07.00 WITA, 08.00 WIT**



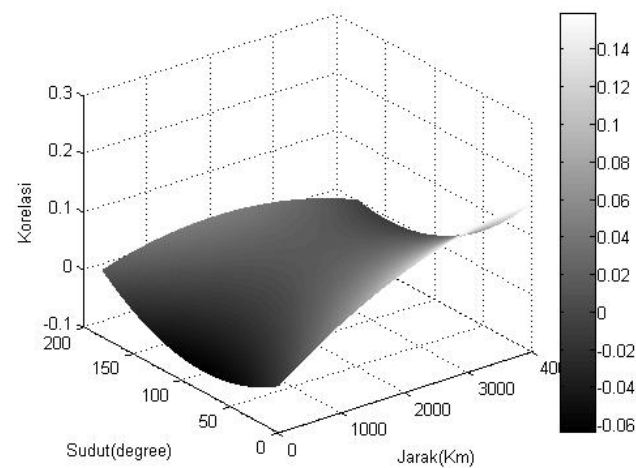
**8. Polynomial (2,2) Jam 07.00 WIB, 08.00 WITA, 09.00 WIT**



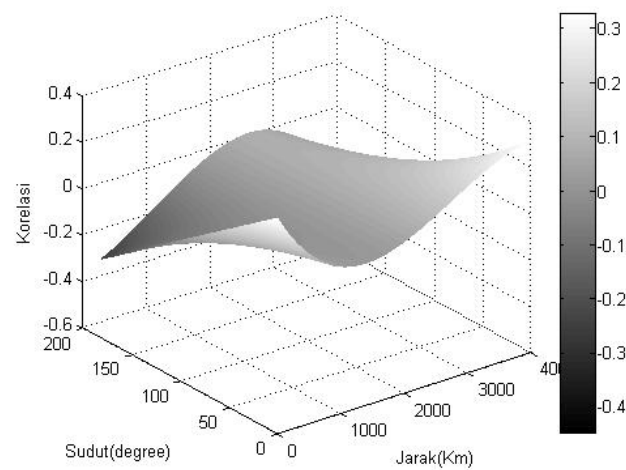
**9. Polynomial (2,2) Jam 08.00 WIB, 09.00 WITA, 10.00 WIT**



**10. Polynomial (2,2) Jam 09.00 WIB, 10.00 WITA, 11.00 WIT**

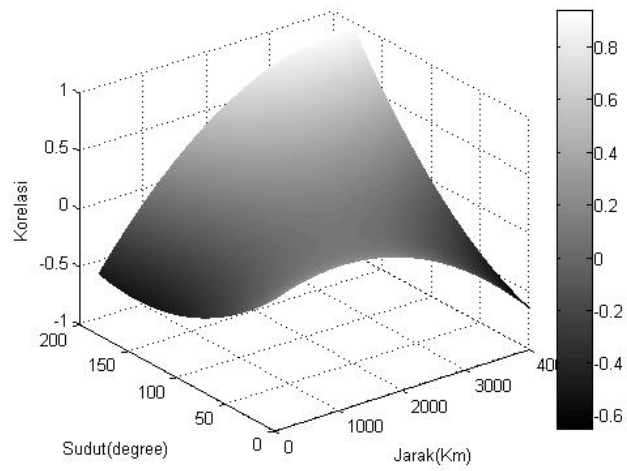


**11. Polynomial (3,1) Jam 10.00 WIB, 11.00 WITA, 12.00 WIT**

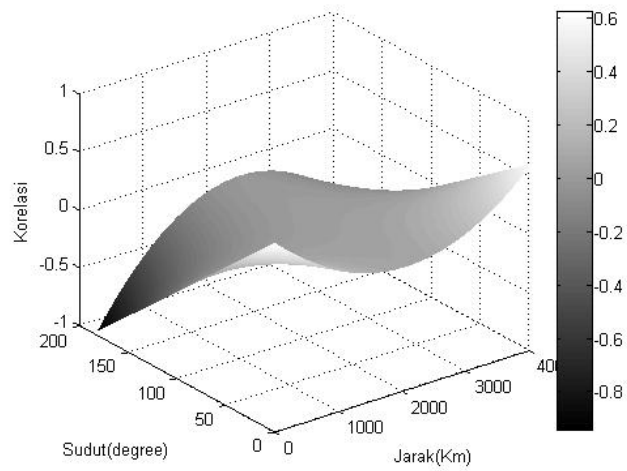




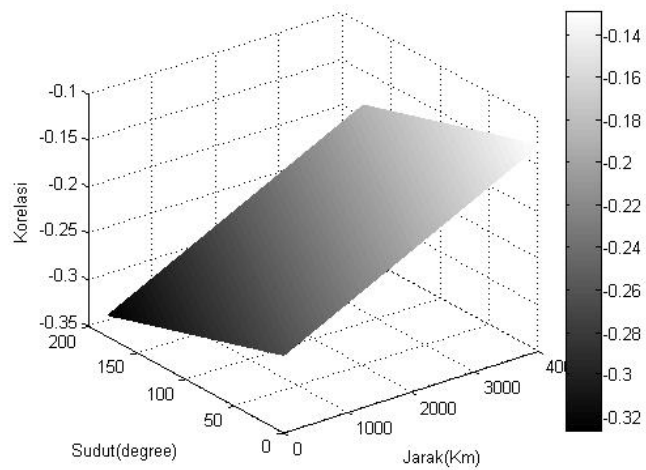
**12. Polynomial (2,2) Jam 11.00 WIB, 12.00 WITA, 13.00 WIT**



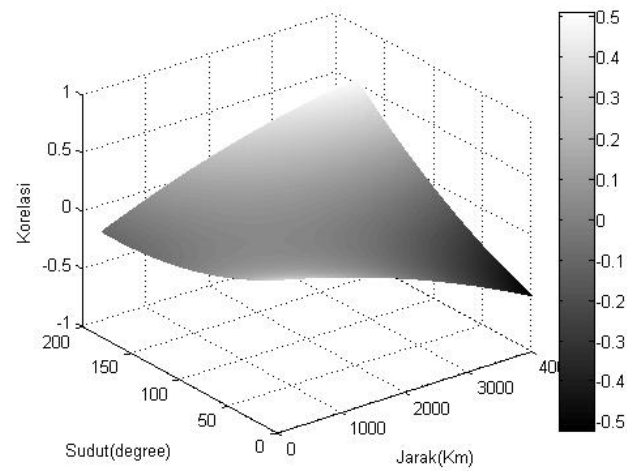
**13. Polynomial (3,1) Jam 12.00 WIB, 13.00 WITA, 14.00 WIT**



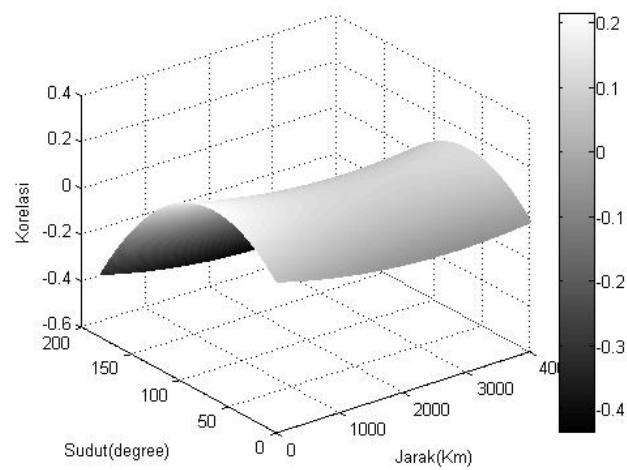
**14. Polynomial (1,1) Jam 13.00 WIB, 14.00 WITA, 15.00 WIT**



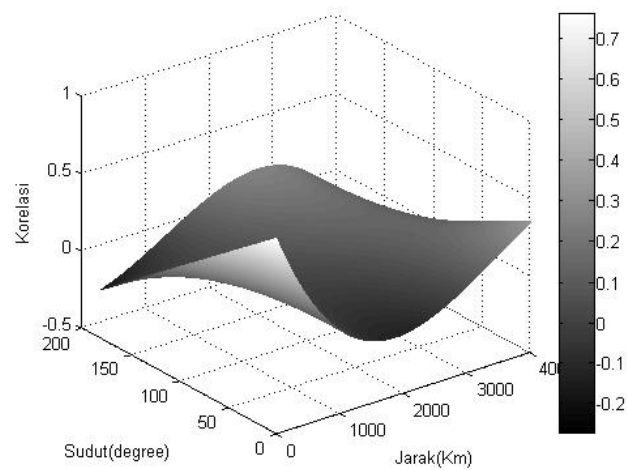
**15. Polynomial (2,2) Jam 14.00 WIB, 15.00 WITA, 16.00 WIT**



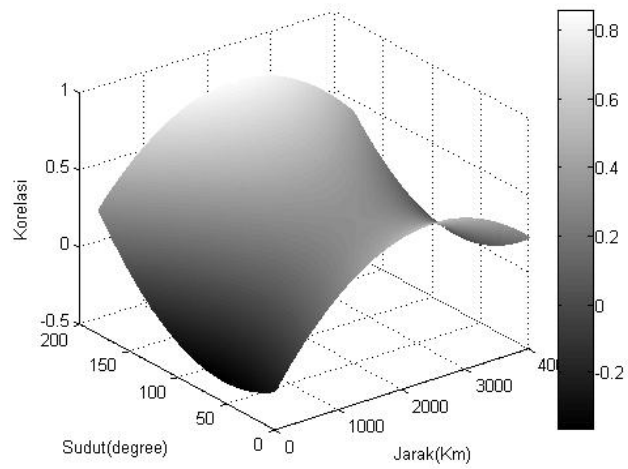
**16. Polynomial (2,2) Jam 15.00 WIB, 16.00 WITA, 17.00 WIT**



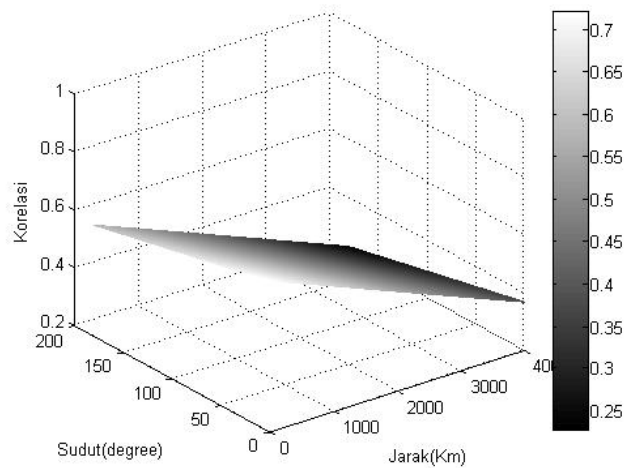
**17. Polynomial (3,1) Jam 16.00 WIB, 17.00 WITA, 18.00 WIT**



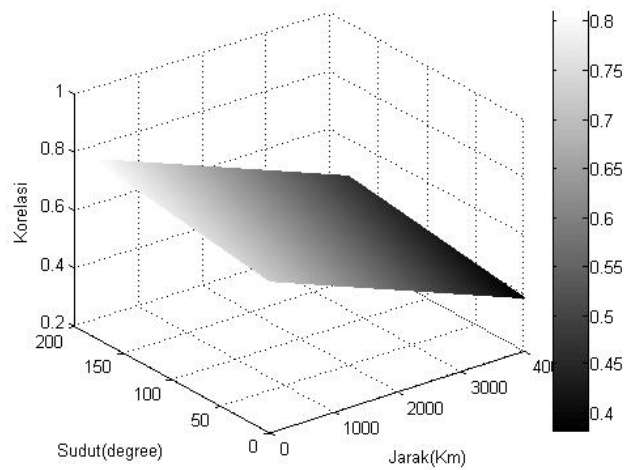
**18. Polynomial (2,2) Jam 17.00 WIB, 18.00 WITA, 19.00 WIT**



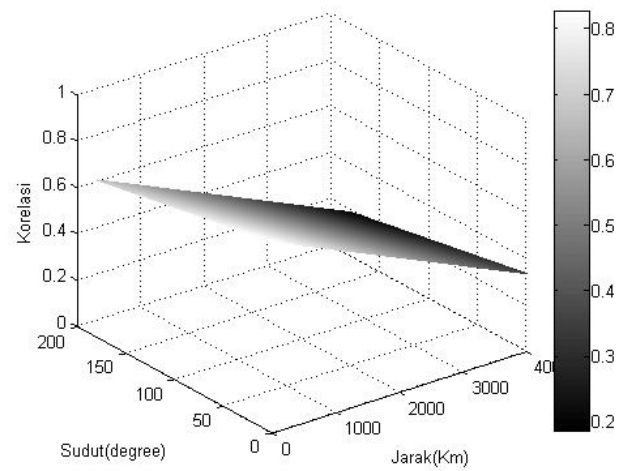
**19. Polynomial (1,1) Jam 18.00 WIB, 19.00 WITA, 20.00 WIT**



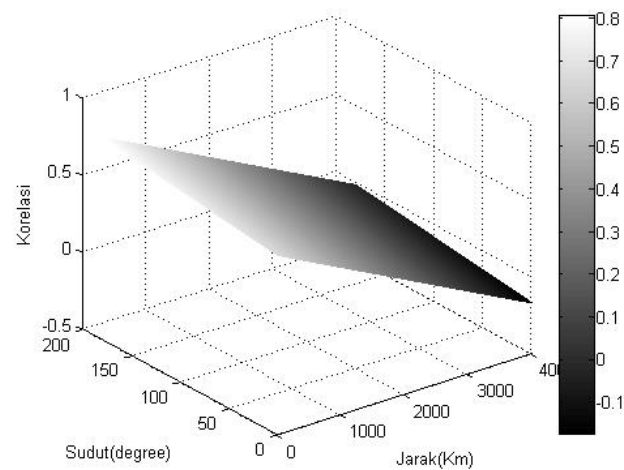
**20. Polynomial (1,1) Jam 19.00 WIB, 20.00 WITA, 21.00 WIT**



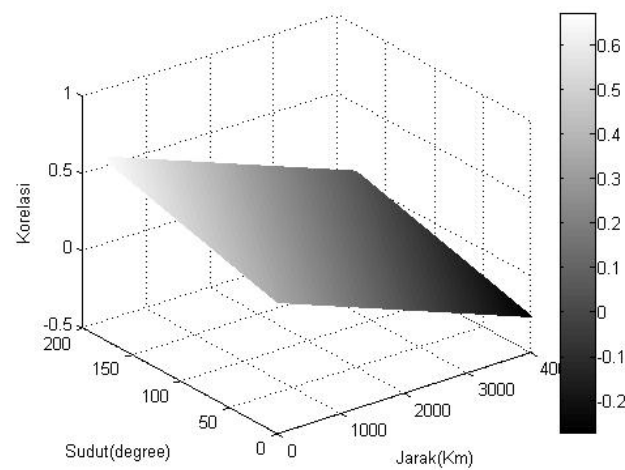
**21. Polynomial (1,1) Jam 20.00 WIB, 21.00 WITA, 23.00 WIT**



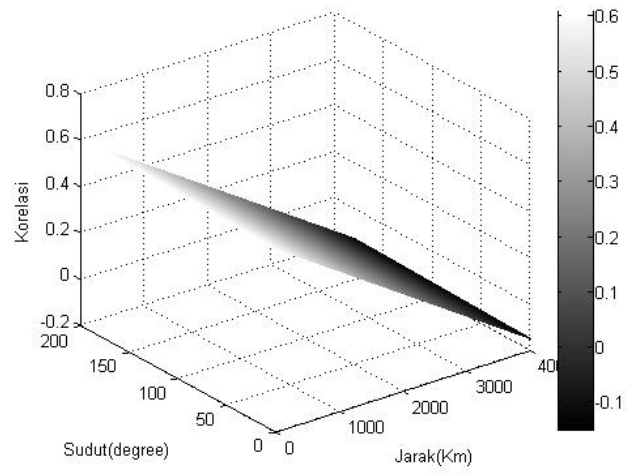
**22. Polynomial (1,1) Jam 21.00 WIB, 22.00 WITA, 23.00 WIT**



**23. Polynomial (1,1) Jam 22.00 WIB, 23.00 WITA, 00.00 WIT**



**24. Polynomial (1,1) Jam 23.00 WIB, 00.00 WITA, 01.00 WIT**



**LAMPIRAN D**  
**NILAI REDAMAN LINK SURABAYA-MERAUKE SELAMA**  
**24 JAM**

**1. Jam 00.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	267	2,10212E+11
2.	234	1,98568E+11
3.	218	1,93339E+11
4.	206	1,89502E+11
5.	185	1,8289E+11
6.	236	1,99192E+11
7.	220	1,93829E+11
8.	242	2,01224E+11
9.	185	1,8308E+11
10.	281	2,15324E+11
11.	248	2,03371E+11
12.	182	1,82192E+11
13.	270	2,11285E+11
14.	211	1,91004E+11
15.	241	2,01015E+11
16.	238	1,99994E+11
17.	202	1,88166E+11
18.	150	1,7339E+11
19.	250	2,04003E+11
20.	219	1,9356E+11

**2. Jam 01.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	181	1,81798E+11
2.	214	1,91983E+11
3.	199	1,87317E+11
4.	215	1,92167E+11
5.	209	1,90217E+11
6.	247	2,03256E+11
7.	197	1,86661E+11
8.	204	1,88712E+11
9.	234	1,98567E+11
10.	271	2,11685E+11
11.	175	1,79979E+11
12.	301	2,23244E+11
13.	202	1,88164E+11
14.	254	2,05497E+11

15.	269	2,11174E+11
16.	281	2,15344E+11
17.	213	1,9172E+11
18.	231	1,97661E+11
19.	225	1,95527E+11
20.	210	1,90822E+11

### 3. Jam 02.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	232	1,97998E+11
2.	224	1,95354E+11
3.	300	2,22769E+11
4.	158	1,75507E+11
5.	215	1,92349E+11
6.	331	2,35049E+11
7.	215	1,92194E+11
8.	212	1,9128E+11
9.	192	1,85018E+11
10.	259	2,07489E+11
11.	168	1,78145E+11
12.	204	1,88916E+11
13.	251	2,04418E+11
14.	230	1,97361E+11
15.	253	2,05177E+11
16.	235	1,98869E+11
17.	255	2,05946E+11
18.	190	1,84494E+11
19.	238	1,99977E+11
20.	182	1,82192E+11

### 4. Jam 03.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	213	1,91683E+11
2.	190	1,84566E+11
3.	228	1,96729E+11
4.	223	1,95001E+11
5.	237	1,9966E+11
6.	267	2,10334E+11
7.	251	2,04541E+11
8.	280	2,15072E+11
9.	207	1,89595E+11
10.	202	1,88295E+11
11.	227	1,96288E+11
12.	283	2,16295E+11
13.	280	2,15039E+11
14.	226	1,95938E+11

15.	211	1,9091E+11
16.	184	1,8256E+11
17.	255	2,05824E+11
18.	231	1,97644E+11
19.	193	1,85442E+11
20.	219	1,9364E+11

**5. Jam 04.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	241	2,0094E+11
2.	276	2,13448E+11
3.	271	2,11777E+11
4.	218	1,93382E+11
5.	226	1,95892E+11
6.	257	2,06669E+11
7.	235	1,98796E+11
8.	273	2,12469E+11
9.	208	1,90013E+11
10.	247	2,03169E+11
11.	240	2,00843E+11
12.	284	2,16432E+11
13.	188	1,84002E+11
14.	230	1,97387E+11
15.	232	1,98003E+11
16.	162	1,76579E+11
17.	278	2,14175E+11
18.	350	2,42954E+11
19.	223	1,94753E+11
20.	240	2,00826E+11

**6. Jam 05.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	286	2,1741E+11
2.	283	2,16241E+11
3.	234	1,98496E+11
4.	216	1,92657E+11
5.	249	2,03679E+11
6.	209	1,90315E+11
7.	226	1,95947E+11
8.	213	1,91585E+11
9.	234	1,9862E+11
10.	273	2,12349E+11
11.	257	2,0679E+11
12.	273	2,12579E+11
13.	201	1,87823E+11
14.	237	1,99511E+11



15.	199	1,87187E+11
16.	244	2,02055E+11
17.	242	2,01309E+11
18.	280	2,14924E+11
19.	271	2,11912E+11
20.	254	2,05571E+11

**7. Jam 06.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	215	1,92395E+11
2.	259	2,07356E+11
3.	277	2,14007E+11
4.	271	2,11584E+11
5.	229	1,96975E+11
6.	214	1,91858E+11
7.	192	1,85039E+11
8.	234	1,98774E+11
9.	266	2,09856E+11
10.	219	1,93572E+11
11.	224	1,95405E+11
12.	253	2,05075E+11
13.	262	2,08487E+11
14.	186	1,83406E+11
15.	237	1,99756E+11
16.	237	1,99706E+11
17.	225	1,95653E+11
18.	263	2,08898E+11
19.	218	1,93324E+11
20.	204	1,8866E+11

**8. Jam 07.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	205	1,8897E+11
2.	250	2,04074E+11
3.	212	1,91293E+11
4.	309	2,26392E+11
5.	250	2,04123E+11
6.	226	1,95802E+11
7.	253	2,05123E+11
8.	230	1,97313E+11
9.	272	2,12032E+11
10.	224	1,95268E+11
11.	195	1,8594E+11
12.	239	2,00325E+11
13.	291	2,19183E+11
14.	193	1,85277E+11

15.	222	1,94641E+11
16.	268	2,10516E+11
17.	173	1,79496E+11
18.	253	2,05197E+11
19.	258	2,06934E+11
20.	238	1,99921E+11

#### 9. Jam 08.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	167	1,77699E+11
2.	235	1,99087E+11
3.	255	2,05785E+11
4.	203	1,88444E+11
5.	228	1,96719E+11
6.	241	2,00886E+11
7.	210	1,90732E+11
8.	230	1,9722E+11
9.	245	2,02403E+11
10.	200	1,87614E+11
11.	261	2,08081E+11
12.	271	2,11842E+11
13.	242	2,01252E+11
14.	231	1,97554E+11
15.	194	1,85559E+11
16.	248	2,0347E+11
17.	192	1,8511E+11
18.	292	2,19678E+11
19.	249	2,03884E+11
20.	240	2,00551E+11

#### 10. Jam 09.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	179	1,81264E+11
2.	245	2,02416E+11
3.	248	2,0356E+11
4.	233	1,98352E+11
5.	236	1,99245E+11
6.	213	1,91611E+11
7.	257	2,06522E+11
8.	203	1,88433E+11
9.	205	1,88945E+11
10.	257	2,06554E+11
11.	296	2,21291E+11
12.	217	1,93087E+11
13.	214	1,91846E+11
14.	245	2,02351E+11

15.	270	2,11512E+11
16.	266	2,0998E+11
17.	240	2,00617E+11
18.	210	1,90533E+11
19.	253	2,05255E+11
20.	228	1,96466E+11

#### 11. Jam 10.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	184	1,8261E+11
2.	268	2,1083E+11
3.	206	1,89315E+11
4.	314	2,2826E+11
5.	165	1,77377E+11
6.	246	2,02873E+11
7.	230	1,97385E+11
8.	206	1,89333E+11
9.	245	2,02303E+11
10.	205	1,88969E+11
11.	262	2,08429E+11
12.	233	1,98161E+11
13.	180	1,81617E+11
14.	160	1,76041E+11
15.	221	1,94188E+11
16.	273	2,12612E+11
17.	237	1,99528E+11
18.	232	1,98012E+11
19.	255	2,0604E+11
20.	187	1,83601E+11

#### 12. Jam 11.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	217	1,92891E+11
2.	249	2,03902E+11
3.	198	1,86971E+11
4.	271	2,1176E+11
5.	301	2,22984E+11
6.	220	1,93972E+11
7.	230	1,97277E+11
8.	248	2,03624E+11
9.	276	2,13485E+11
10.	249	2,03825E+11
11.	244	2,0221E+11
12.	214	1,92076E+11
13.	223	1,94761E+11
14.	252	2,05036E+11

15.	296	2,21229E+11
16.	251	2,04436E+11
17.	192	1,85195E+11
18.	246	2,02671E+11
19.	227	1,96319E+11
20.	222	1,94623E+11

### 13. Jam 12.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	281	2,15639E+11
2.	199	1,87141E+11
3.	302	2,23562E+11
4.	218	1,93214E+11
5.	185	1,8312E+11
6.	210	1,90691E+11
7.	265	2,09496E+11
8.	270	2,11268E+11
9.	236	1,99275E+11
10.	240	2,00831E+11
11.	253	2,05298E+11
12.	185	1,8306E+11
13.	211	1,91063E+11
14.	175	1,8016E+11
15.	215	1,92427E+11
16.	265	2,09709E+11
17.	256	2,06445E+11
18.	324	2,32237E+11
19.	236	1,99353E+11
20.	167	1,77823E+11

### 14. Jam 13.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	229	1,96897E+11
2.	210	1,90723E+11
3.	280	2,15203E+11
4.	185	1,83093E+11
5.	178	1,80822E+11
6.	238	1,99821E+11
7.	275	2,13328E+11
8.	204	1,88883E+11
9.	191	1,8468E+11
10.	225	1,95673E+11
11.	180	1,8164E+11
12.	231	1,9758E+11
13.	261	2,07986E+11
14.	238	1,99973E+11

15.	173	1,79576E+11
16.	213	1,9152E+11
17.	220	1,93991E+11
18.	302	2,23486E+11
19.	264	2,09213E+11
20.	228	1,96719E+11

#### 15. Jam 14.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	255	2,05849E+11
2.	208	1,90188E+11
3.	217	1,9294E+11
4.	208	1,90161E+11
5.	251	2,04532E+11
6.	205	1,89121E+11
7.	197	1,86457E+11
8.	250	2,04233E+11
9.	216	1,92696E+11
10.	243	2,0176E+11
11.	219	1,93455E+11
12.	240	2,0061E+11
13.	157	1,7516E+11
14.	247	2,03094E+11
15.	304	2,24189E+11
16.	269	2,11023E+11
17.	264	2,09157E+11
18.	222	1,9467E+11
19.	237	1,99526E+11
20.	239	2,00298E+11

#### 16. Jam 15.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	246	2,02714E+11
2.	214	1,91854E+11
3.	234	1,98579E+11
4.	275	2,13378E+11
5.	235	1,98795E+11
6.	197	1,86699E+11
7.	203	1,88366E+11
8.	225	1,95444E+11
9.	224	1,95201E+11
10.	202	1,88283E+11
11.	237	1,99522E+11
12.	278	2,1446E+11
13.	222	1,94545E+11
14.	223	1,95058E+11

15.	166	1,77515E+11
16.	205	1,89156E+11
17.	187	1,83602E+11
18.	217	1,93089E+11
19.	249	2,03872E+11
20.	289	2,1856E+11

#### 17. Jam 16.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	250	2,04077E+11
2.	183	1,82397E+11
3.	223	1,95074E+11
4.	214	1,91899E+11
5.	244	2,02032E+11
6.	245	2,02402E+11
7.	245	2,02318E+11
8.	218	1,93328E+11
9.	211	1,90886E+11
10.	211	1,90984E+11
11.	262	2,0834E+11
12.	175	1,7999E+11
13.	223	1,95028E+11
14.	240	2,0062E+11
15.	209	1,9035E+11
16.	247	2,03241E+11
17.	228	1,96557E+11
18.	200	1,87604E+11
19.	236	1,99288E+11
20.	221	1,94359E+11

#### 18. Jam 17.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	306	2,25166E+11
2.	235	1,98818E+11
3.	269	2,11137E+11
4.	223	1,94811E+11
5.	225	1,95526E+11
6.	255	2,06071E+11
7.	250	2,04269E+11
8.	195	1,8595E+11
9.	183	1,82463E+11
10.	196	1,86149E+11
11.	186	1,83416E+11
12.	232	1,98075E+11
13.	217	1,92825E+11
14.	218	1,93283E+11

15.	188	1,83872E+11
16.	259	2,07303E+11
17.	246	2,02753E+11
18.	227	1,96348E+11
19.	268	2,10756E+11
20.	202	1,88206E+11

#### 19. Jam 18.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	247	2,03223E+11
2.	284	2,16758E+11
3.	231	1,97641E+11
4.	229	1,96825E+11
5.	297	2,21544E+11
6.	213	1,91799E+11
7.	230	1,97345E+11
8.	264	2,09285E+11
9.	236	1,99149E+11
10.	284	2,16641E+11
11.	269	2,10946E+11
12.	241	2,00883E+11
13.	205	1,89125E+11
14.	251	2,04414E+11
15.	187	1,83691E+11
16.	239	2,00301E+11
17.	260	2,07706E+11
18.	238	1,99915E+11
19.	263	2,08711E+11
20.	312	2,2753E+11

#### 20. Jam 19.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	228	1,96459E+11
2.	263	2,08979E+11
3.	237	1,99559E+11
4.	241	2,00873E+11
5.	234	1,98708E+11
6.	246	2,0276E+11
7.	234	1,98573E+11
8.	349	2,42479E+11
9.	194	1,8554E+11
10.	175	1,7998E+11
11.	194	1,85769E+11
12.	196	1,8619E+11
13.	216	1,92589E+11
14.	225	1,95459E+11

15.	223	1,94904E+11
16.	250	2,04079E+11
17.	244	2,02111E+11
18.	258	2,0691E+11
19.	300	2,22869E+11
20.	276	2,13789E+11

## 21. Jam 20.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	240	2,00611E+11
2.	248	2,03463E+11
3.	185	1,82864E+11
4.	198	1,8685E+11
5.	215	1,92449E+11
6.	234	1,98668E+11
7.	273	2,12355E+11
8.	221	1,94122E+11
9.	278	2,14383E+11
10.	247	2,03218E+11
11.	274	2,13041E+11
12.	235	1,98875E+11
13.	209	1,9031E+11
14.	185	1,82878E+11
15.	236	1,99218E+11
16.	260	2,07848E+11
17.	221	1,94093E+11
18.	213	1,9148E+11
19.	220	1,9392E+11
20.	196	1,86161E+11

## 22. Jam 21.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	233	1,98315E+11
2.	200	1,87509E+11
3.	245	2,02395E+11
4.	255	2,05893E+11
5.	262	2,084E+11
6.	208	1,8997E+11
7.	246	2,02881E+11
8.	234	1,98561E+11
9.	261	2,07953E+11
10.	250	2,04011E+11
11.	263	2,0897E+11
12.	226	1,95869E+11



13.	225	1,95697E+11
14.	268	2,1056E+11
15.	168	1,7805E+11
16.	214	1,91851E+11
17.	191	1,84638E+11
18.	218	1,93128E+11
19.	254	2,0551E+11
20.	261	2,07948E+11

**23. Jam 22.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	237	1,99553E+11
2.	198	1,86763E+11
3.	265	2,09708E+11
4.	241	2,01076E+11
5.	235	1,98973E+11
6.	249	2,03737E+11
7.	240	2,00509E+11
8.	200	1,87574E+11
9.	225	1,95528E+11
10.	225	1,9571E+11
11.	213	1,91569E+11
12.	296	2,21216E+11
13.	202	1,88189E+11
14.	214	1,92066E+11
15.	207	1,89765E+11
16.	193	1,85473E+11
17.	224	1,95195E+11
18.	221	1,94295E+11
19.	289	2,18672E+11
20.	222	1,94568E+11

**24. Jam 23.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	250	2,04031E+11
2.	303	2,23842E+11
3.	164	1,77129E+11
4.	262	2,08462E+11
5.	242	2,01222E+11
6.	190	1,84321E+11
7.	216	1,9259E+11
8.	242	2,01521E+11
9.	393	2,61103E+11
10.	348	2,42093E+11
11.	188	1,83965E+11
12.	362	2,47976E+11

13.	257	2,06555E+11
14.	228	1,96651E+11
15.	256	2,06408E+11
16.	223	1,95053E+11
17.	226	1,95957E+11
18.	288	2,18011E+11
19.	284	2,16707E+11
20.	285	2,16838E+11

**LAMPIRAN E**  
**NILAI REDAMAN LINK SURABAYA-BIAK SELAMA 24 JAM**

**1. Jam 00.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	205	1,52165E+11
2.	243	1,64008E+11
3.	202	1,51233E+11
4.	253	1,67442E+11
5.	232	1,60574E+11
6.	192	1,48348E+11
7.	260	1,69823E+11
8.	245	1,64749E+11
9.	279	1,7622E+11
10.	195	1,49273E+11
11.	195	1,49244E+11
12.	239	1,62621E+11
13.	253	1,67395E+11
14.	260	1,69694E+11
15.	227	1,58832E+11
16.	218	1,56031E+11
17.	253	1,67184E+11
18.	314	1,88806E+11
19.	263	1,70533E+11
20.	230	1,59767E+11

**2. Jam 01.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	237	1,6209E+11
2.	240	1,63214E+11
3.	214	1,54742E+11
4.	232	1,60351E+11
5.	354	2,03671E+11
6.	226	1,58665E+11
7.	255	1,67995E+11
8.	210	1,53562E+11
9.	207	1,52881E+11
10.	214	1,54821E+11
11.	249	1,65957E+11
12.	198	1,50144E+11
13.	166	1,41265E+11
14.	229	1,59393E+11
15.	211	1,53846E+11

16.	237	1,62209E+11
17.	230	1,59768E+11
18.	256	1,68268E+11
19.	263	1,70769E+11
20.	182	1,45402E+11

### 3. Jam 02.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	258	1,69046E+11
2.	215	1,55202E+11
3.	253	1,67227E+11
4.	207	1,52779E+11
5.	239	1,62827E+11
6.	270	1,73099E+11
7.	163	1,40358E+11
8.	166	1,41162E+11
9.	167	1,41417E+11
10.	261	1,69999E+11
11.	242	1,63823E+11
12.	202	1,51107E+11
13.	291	1,80357E+11
14.	232	1,6042E+11
15.	174	1,43282E+11
16.	191	1,48092E+11
17.	180	1,44907E+11
18.	266	1,71579E+11
19.	205	1,52127E+11
20.	186	1,46724E+11

### 4. Jam 03.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	167	1,41439E+11
2.	243	1,64152E+11
3.	220	1,56729E+11
4.	297	1,82668E+11
5.	181	1,45121E+11
6.	266	1,71818E+11
7.	232	1,60493E+11
8.	230	1,59747E+11
9.	255	1,68089E+11
10.	276	1,75285E+11
11.	190	1,47621E+11
12.	282	1,77325E+11
13.	185	1,46394E+11
14.	189	1,47593E+11
15.	203	1,51405E+11

16.	256	1,6837E+11
17.	190	1,47632E+11
18.	240	1,62906E+11
19.	243	1,63913E+11
20.	232	1,60621E+11

#### 5. Jam 04.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	210	1,53545E+11
2.	242	1,6356E+11
3.	213	1,54454E+11
4.	223	1,57556E+11
5.	297	1,82435E+11
6.	197	1,49701E+11
7.	206	1,52386E+11
8.	224	1,57865E+11
9.	222	1,572E+11
10.	288	1,7934E+11
11.	318	1,90128E+11
12.	193	1,48474E+11
13.	204	1,51716E+11
14.	247	1,65366E+11
15.	213	1,54439E+11
16.	316	1,89355E+11
17.	298	1,82761E+11
18.	249	1,6591E+11
19.	249	1,65953E+11
20.	214	1,54899E+11

#### 6. Jam 05.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	208	1,53125E+11
2.	209	1,5343E+11
3.	161	1,39857E+11
4.	210	1,53713E+11
5.	175	1,43564E+11
6.	264	1,71199E+11
7.	263	1,70786E+11
8.	232	1,60423E+11
9.	213	1,54464E+11
10.	232	1,60492E+11
11.	296	1,8221E+11
12.	284	1,77831E+11
13.	210	1,5371E+11
14.	233	1,608E+11
15.	188	1,47175E+11

16.	242	1,6377E+11
17.	256	1,68412E+11
18.	263	1,70768E+11
19.	176	1,43725E+11
20.	246	1,65156E+11

**7. Jam 06.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	237	1,62151E+11
2.	245	1,64551E+11
3.	218	1,56238E+11
4.	259	1,69234E+11
5.	176	1,43826E+11
6.	189	1,47586E+11
7.	136	1,33723E+11
8.	247	1,65379E+11
9.	192	1,48351E+11
10.	217	1,55837E+11
11.	268	1,72406E+11
12.	228	1,59364E+11
13.	211	1,538E+11
14.	197	1,49684E+11
15.	218	1,55981E+11
16.	250	1,66495E+11
17.	176	1,4384E+11
18.	224	1,57948E+11
19.	258	1,69032E+11
20.	179	1,44613E+11

**8. Jam 07.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	199	1,5044E+11
2.	226	1,58669E+11
3.	230	1,59873E+11
4.	265	1,71289E+11
5.	253	1,6734E+11
6.	214	1,54768E+11
7.	297	1,82468E+11
8.	225	1,58152E+11
9.	198	1,50031E+11
10.	211	1,5382E+11
11.	261	1,70143E+11
12.	234	1,61133E+11
13.	263	1,70596E+11
14.	229	1,59581E+11
15.	343	1,99523E+11

16.	172	1,4267E+11
17.	211	1,54058E+11
18.	223	1,57763E+11
19.	230	1,59827E+11
20.	289	1,79622E+11

#### 9. Jam 08.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	212	1,54299E+11
2.	158	1,3901E+11
3.	186	1,46517E+11
4.	241	1,63303E+11
5.	339	1,97919E+11
6.	256	1,68427E+11
7.	239	1,62584E+11
8.	207	1,52734E+11
9.	231	1,6023E+11
10.	266	1,71692E+11
11.	217	1,55829E+11
12.	310	1,87444E+11
13.	185	1,46304E+11
14.	213	1,54487E+11
15.	229	1,5938E+11
16.	164	1,40541E+11
17.	249	1,65978E+11
18.	230	1,59688E+11
19.	230	1,59723E+11
20.	259	1,69211E+11

#### 10. Jam 09.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	285	1,78275E+11
2.	179	1,44718E+11
3.	232	1,60465E+11
4.	281	1,76843E+11
5.	209	1,53225E+11
6.	204	1,51884E+11
7.	194	1,48884E+11
8.	216	1,5555E+11
9.	219	1,56425E+11
10.	232	1,60411E+11
11.	196	1,49361E+11
12.	230	1,59743E+11
13.	205	1,52097E+11
14.	213	1,5457E+11
15.	197	1,49789E+11

16.	216	1,55516E+11
17.	411	2,26331E+11
18.	400	2,21862E+11
19.	274	1,7455E+11
20.	258	1,69103E+11

#### 11. Jam 10.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	287	1,79102E+11
2.	195	1,49254E+11
3.	228	1,59205E+11
4.	213	1,54622E+11
5.	232	1,60568E+11
6.	164	1,40607E+11
7.	292	1,80785E+11
8.	248	1,65711E+11
9.	317	1,89708E+11
10.	287	1,78954E+11
11.	227	1,58889E+11
12.	194	1,48831E+11
13.	170	1,42113E+11
14.	227	1,58957E+11
15.	235	1,61433E+11
16.	270	1,72966E+11
17.	193	1,4872E+11
18.	259	1,69213E+11
19.	229	1,59609E+11
20.	199	1,50409E+11

#### 12. Jam 11.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	218	1,56222E+11
2.	196	1,49384E+11
3.	215	1,551E+11
4.	199	1,50293E+11
5.	213	1,54591E+11
6.	231	1,60172E+11
7.	233	1,60872E+11
8.	219	1,56252E+11
9.	221	1,5696E+11
10.	228	1,59149E+11
11.	245	1,64525E+11
12.	280	1,76718E+11
13.	251	1,66736E+11
14.	216	1,55459E+11
15.	250	1,66405E+11



16.	217	1,55917E+11
17.	168	1,41808E+11
18.	153	1,37893E+11
19.	170	1,42304E+11
20.	218	1,56019E+11

### 13. Jam 12.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	300	1,83702E+11
2.	281	1,76726E+11
3.	206	1,52311E+11
4.	235	1,61477E+11
5.	258	1,68996E+11
6.	242	1,63559E+11
7.	254	1,67799E+11
8.	222	1,57428E+11
9.	225	1,58293E+11
10.	230	1,59811E+11
11.	199	1,50251E+11
12.	287	1,79065E+11
13.	227	1,5883E+11
14.	254	1,67669E+11
15.	196	1,49626E+11
16.	189	1,47581E+11
17.	223	1,57681E+11
18.	217	1,55835E+11
19.	276	1,75307E+11
20.	251	1,66546E+11

### 14. Jam 13.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	282	1,77165E+11
2.	190	1,4786E+11
3.	214	1,54787E+11
4.	287	1,78888E+11
5.	291	1,80419E+11
6.	256	1,68285E+11
7.	246	1,64962E+11
8.	205	1,52282E+11
9.	256	1,68497E+11
10.	197	1,49881E+11
11.	249	1,66108E+11
12.	237	1,62227E+11
13.	274	1,74424E+11
14.	211	1,53954E+11
15.	252	1,66961E+11

16.	259	1,69191E+11
17.	195	1,49213E+11
18.	233	1,60644E+11
19.	296	1,82064E+11
20.	231	1,60109E+11

#### 15. Jam 14.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	230	1,59907E+11
2.	197	1,49863E+11
3.	214	1,5475E+11
4.	220	1,56726E+11
5.	209	1,5337E+11
6.	260	1,69834E+11
7.	346	2,00669E+11
8.	182	1,4542E+11
9.	231	1,60308E+11
10.	178	1,44434E+11
11.	281	1,77057E+11
12.	287	1,78835E+11
13.	172	1,42708E+11
14.	313	1,88425E+11
15.	189	1,47486E+11
16.	235	1,61519E+11
17.	272	1,73781E+11
18.	232	1,60538E+11
19.	332	1,95454E+11
20.	358	2,05484E+11

#### 16. Jam 15.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	306	1,85699E+11
2.	222	1,57384E+11
3.	215	1,55096E+11
4.	260	1,69541E+11
5.	246	1,64957E+11
6.	257	1,68788E+11
7.	258	1,68975E+11
8.	177	1,44129E+11
9.	248	1,65637E+11
10.	223	1,57678E+11
11.	200	1,50538E+11
12.	202	1,51194E+11
13.	280	1,76708E+11
14.	198	1,50058E+11
15.	184	1,46163E+11

16.	235	1,61378E+11
17.	317	1,89729E+11
18.	228	1,59058E+11
19.	238	1,62565E+11
20.	194	1,48837E+11

#### 17. Jam 16.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	212	1,54125E+11
2.	201	1,5102E+11
3.	229	1,59489E+11
4.	167	1,41317E+11
5.	212	1,54249E+11
6.	207	1,52718E+11
7.	195	1,49085E+11
8.	253	1,67188E+11
9.	200	1,50794E+11
10.	248	1,6564E+11
11.	267	1,71897E+11
12.	221	1,56925E+11
13.	237	1,62175E+11
14.	252	1,67003E+11
15.	224	1,578E+11
16.	248	1,65643E+11
17.	184	1,45939E+11
18.	273	1,73972E+11
19.	192	1,48363E+11
20.	167	1,41444E+11

#### 18. Jam 17.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	243	1,63944E+11
2.	240	1,63084E+11
3.	240	1,63091E+11
4.	201	1,50844E+11
5.	239	1,62805E+11
6.	208	1,53014E+11
7.	195	1,49229E+11
8.	185	1,46454E+11
9.	269	1,72851E+11
10.	197	1,49713E+11
11.	220	1,56746E+11
12.	185	1,46404E+11
13.	216	1,55351E+11
14.	132	1,32915E+11
15.	189	1,47482E+11

16.	179	1,44565E+11
17.	191	1,48134E+11
18.	219	1,56285E+11
19.	215	1,55037E+11
20.	313	1,8845E+11

#### 19. Jam 18.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	264	1,71118E+11
2.	237	1,62043E+11
3.	252	1,67033E+11
4.	243	1,64094E+11
5.	182	1,45501E+11
6.	211	1,54053E+11
7.	278	1,75787E+11
8.	225	1,58241E+11
9.	250	1,66213E+11
10.	192	1,48212E+11
11.	229	1,59531E+11
12.	250	1,6646E+11
13.	181	1,45101E+11
14.	240	1,63076E+11
15.	220	1,56634E+11
16.	194	1,48827E+11
17.	225	1,58312E+11
18.	165	1,40953E+11
19.	159	1,39337E+11
20.	186	1,46687E+11

#### 20. Jam 19.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	183	1,45762E+11
2.	154	1,38015E+11
3.	263	1,70788E+11
4.	167	1,41395E+11
5.	229	1,59554E+11
6.	228	1,59179E+11
7.	328	1,94044E+11
8.	224	1,57952E+11
9.	208	1,53089E+11
10.	236	1,61631E+11
11.	236	1,61762E+11
12.	229	1,59587E+11
13.	205	1,52049E+11
14.	185	1,46283E+11
15.	239	1,6267E+11

16.	181	1,45261E+11
17.	191	1,47975E+11
18.	283	1,77531E+11
19.	211	1,54037E+11
20.	221	1,5712E+11

#### 21. Jam 20.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	209	1,53245E+11
2.	220	1,56655E+11
3.	228	1,59294E+11
4.	224	1,57996E+11
5.	251	1,66609E+11
6.	231	1,60071E+11
7.	307	1,85995E+11
8.	239	1,62612E+11
9.	306	1,8582E+11
10.	201	1,50905E+11
11.	247	1,65455E+11
12.	217	1,55759E+11
13.	250	1,66453E+11
14.	250	1,66363E+11
15.	157	1,38946E+11
16.	182	1,45395E+11
17.	178	1,44447E+11
18.	242	1,63779E+11
19.	289	1,7986E+11
20.	215	1,55019E+11

#### 22. Jam 21.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	191	1,48131E+11
2.	209	1,53471E+11
3.	232	1,60413E+11
4.	216	1,55411E+11
5.	238	1,62487E+11
6.	242	1,63753E+11
7.	194	1,48918E+11
8.	220	1,56697E+11
9.	159	1,39309E+11
10.	274	1,74525E+11
11.	204	1,51847E+11
12.	185	1,46445E+11
13.	217	1,55828E+11
14.	179	1,44552E+11
15.	226	1,58495E+11

16.	206	1,52539E+11
17.	326	1,93027E+11
18.	274	1,7441E+11
19.	149	1,36965E+11
20.	244	1,64309E+11

### 23. Jam 22.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	190	1,47683E+11
2.	296	1,8217E+11
3.	278	1,75953E+11
4.	218	1,56102E+11
5.	176	1,43921E+11
6.	210	1,53756E+11
7.	221	1,56936E+11
8.	237	1,62149E+11
9.	217	1,55748E+11
10.	244	1,64331E+11
11.	242	1,63649E+11
12.	184	1,46046E+11
13.	193	1,48745E+11
14.	200	1,50725E+11
15.	208	1,53087E+11
16.	215	1,55088E+11
17.	227	1,58901E+11
18.	137	1,33948E+11
19.	210	1,53629E+11
20.	279	1,76072E+11

### 24. Jam 23.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	253	1,67454E+11
2.	185	1,46419E+11
3.	255	1,68088E+11
4.	297	1,82655E+11
5.	246	1,64941E+11
6.	269	1,7279E+11
7.	256	1,68234E+11
8.	215	1,55282E+11
9.	238	1,62395E+11
10.	199	1,50284E+11
11.	263	1,70579E+11
12.	187	1,46952E+11
13.	190	1,47643E+11
14.	198	1,5006E+11
15.	139	1,344E+11

16.	288	1,79319E+11
17.	239	1,62783E+11
18.	200	1,50595E+11
19.	285	1,78182E+11
20.	170	1,42323E+11

**LAMPIRAN F**  
**NILAI REDAMAN LINK SURABAYA-TERNATE SELAMA 24**  
**JAM**

**1. Jam 00.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	211	88711233300
2.	251	98971780529
3.	214	89477977708
4.	241	96242747256
5.	262	1,02052E+11
6.	268	1,03748E+11
7.	254	99931509413
8.	288	1,09391E+11
9.	311	1,159E+11
10.	171	79086704012
11.	175	79834049305
12.	200	85884014026
13.	169	78475500079
14.	219	90593303372
15.	220	90776448437
16.	241	96363254019
17.	242	96728443543
18.	208	87780363858
19.	204	86754212881
20.	263	1,02229E+11

**2. Jam 01.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	182	81504535225
2.	251	98997929756
3.	243	96931073703
4.	199	85757476514
5.	282	1,07591E+11
6.	233	94208506420
7.	236	95091770779
8.	242	96598424826
9.	261	1,0178E+11
10.	295	1,11334E+11
11.	222	91440333354
12.	176	80145806464
13.	272	1,04803E+11
14.	200	85849054046



15.	282	1,07662E+11
16.	211	88589518820
17.	294	1,10885E+11
18.	204	86810694216
19.	194	84440662063
20.	270	1,04131E+11

### 3. Jam 02.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	211	88690240746
2.	203	86564552795
3.	265	1,02924E+11
4.	250	98720879746
5.	243	96893434822
6.	247	98084333662
7.	233	94298908772
8.	199	85679479341
9.	252	99414163465
10.	203	86690090212
11.	195	84739610983
12.	195	84724349832
13.	266	1,03115E+11
14.	271	1,04427E+11
15.	175	79962057938
16.	226	92487650815
17.	241	96378447688
18.	210	88407901161
19.	261	1,01859E+11
20.	241	96397981728

### 4. Jam 03.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	253	99557953600
2.	192	83990020253
3.	272	1,04745E+11
4.	236	94994854400
5.	260	1,01507E+11
6.	198	85418708277
7.	234	94393085349
8.	266	1,03209E+11
9.	272	1,04823E+11
10.	229	93085021586
11.	172	79360977258
12.	195	84560248971
13.	240	96043496357
14.	263	1,02237E+11

15.	249	98574863755
16.	210	88388071129
17.	331	1,21851E+11
18.	234	94589869199
19.	266	1,0306E+11
20.	217	90074967435

**5. Jam 04.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	262	1,01888E+11
2.	277	1,06214E+11
3.	237	95272970520
4.	315	1,1702E+11
5.	258	1,00849E+11
6.	228	92842191263
7.	246	97602759820
8.	276	1,05831E+11
9.	217	90226351654
10.	229	93083734415
11.	338	1,23935E+11
12.	215	89569920903
13.	269	1,04004E+11
14.	264	1,02517E+11
15.	298	1,12204E+11
16.	252	99253403742
17.	157	75799066536
18.	202	86448439661
19.	251	99100388922
20.	241	96437781314

**6. Jam 05.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	202	86347517047
2.	218	90421975851
3.	262	1,02157E+11
4.	243	96848087198
5.	226	92338852553
6.	255	1,00135E+11
7.	300	1,12837E+11
8.	210	88298777075
9.	187	82713630944
10.	193	84073694421
11.	199	85726505698
12.	208	87912410235
13.	254	99797137824
14.	166	77945531895

15.	240	96207992576
16.	205	87032170384
17.	276	1,05868E+11
18.	202	86420646056
19.	232	93958206266
20.	200	85774227020

#### 7. Jam 06.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	258	1,00826E+11
2.	258	1,00983E+11
3.	201	86204736289
4.	182	81645523260
5.	248	98256512234
6.	263	1,02398E+11
7.	254	99821255440
8.	261	1,01882E+11
9.	192	83923536996
10.	254	99880624428
11.	211	88665644672
12.	212	88822600673
13.	181	81296262417
14.	276	1,05867E+11
15.	238	95603938959
16.	272	1,04699E+11
17.	295	1,11146E+11
18.	193	84255718879
19.	257	1,00534E+11
20.	231	93763242444

#### 8. Jam 07.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	240	96048569723
2.	227	92799024549
3.	234	94552792150
4.	261	1,01754E+11
5.	208	87754667937
6.	249	98445845861
7.	181	81236438610
8.	229	93138029941
9.	199	85737271495
10.	209	88055011056
11.	242	96691980007
12.	194	84345674588
13.	198	85375174868
14.	182	81566549883

15.	162	77113742064
16.	226	92455222705
17.	279	1,06642E+11
18.	225	92175745699
19.	223	91699044668
20.	196	84935075369

#### 9. Jam 08.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	273	1,05181E+11
2.	263	1,02332E+11
3.	215	89614089636
4.	230	93442982474
5.	245	97421642815
6.	190	83380220349
7.	196	85014444481
8.	216	89977348898
9.	234	94641360020
10.	308	1,1503E+11
11.	263	1,02274E+11
12.	216	89841051480
13.	210	88253667577
14.	296	1,11457E+11
15.	358	1,30016E+11
16.	238	95528977518
17.	215	89526557269
18.	185	82276250951
19.	270	1,04355E+11
20.	243	96764359535

#### 10. Jam 09.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	189	83228559271
2.	211	88623014696
3.	210	88334642856
4.	252	99356682109
5.	250	98788306597
6.	236	94941551698
7.	219	90739276914
8.	200	85860701836
9.	232	93938562517
10.	278	1,06352E+11
11.	248	98196810657
12.	238	95663722730
13.	257	1,00692E+11
14.	254	99885080923

15.	179	80890635018
16.	232	94069382201
17.	216	89994453980
18.	168	78258902036
19.	187	82869668901
20.	220	90924767412

#### 11. Jam 10.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	262	1,0201E+11
2.	242	96518614624
3.	223	91688429212
4.	312	1,16276E+11
5.	255	1,00161E+11
6.	228	92842449940
7.	242	96638683939
8.	235	94733246539
9.	238	95588660300
10.	249	98475752655
11.	210	88466678034
12.	204	86880240990
13.	245	97498899517
14.	313	1,16392E+11
15.	221	91039921698
16.	197	85191472692
17.	223	91657097392
18.	214	89482240311
19.	220	90856076248
20.	250	98710473347

#### 12. Jam 11.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	210	88333918596
2.	207	87505330240
3.	233	94284865253
4.	209	88006861377
5.	209	88240016010
6.	255	1,00164E+11
7.	262	1,02102E+11
8.	341	1,24954E+11
9.	243	96893371103
10.	234	94451369334
11.	211	887111101085
12.	224	92047364301
13.	230	93402742213
14.	175	79982604496

15.	222	91479565336
16.	261	1,01729E+11
17.	212	88753526522
18.	251	98924049148
19.	271	1,04564E+11
20.	275	1,05591E+11

### 13. Jam 12.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	252	99405962490
2.	184	82052081094
3.	199	85536723417
4.	239	95874754119
5.	219	90673900509
6.	284	1,08251E+11
7.	287	1,08906E+11
8.	211	88657157508
9.	266	1,03176E+11
10.	289	1,09615E+11
11.	244	97086702875
12.	300	1,12678E+11
13.	274	1,0541E+11
14.	240	95996959979
15.	266	1,03197E+11
16.	239	95798159654
17.	217	90082099967
18.	245	97472998978
19.	233	94236601256
20.	219	90526096843

### 14. Jam 13.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	220	91021454840
2.	249	98511842693
3.	222	91324128467
4.	249	98364415334
5.	227	92612819400
6.	231	93711110527
7.	249	98549537077
8.	288	1,09186E+11
9.	249	98458236133
10.	301	1,13027E+11
11.	168	78288629087
12.	216	89782558346
13.	240	96213575149
14.	203	86575764113

15.	189	83243816753
16.	255	1,00245E+11
17.	255	1,00201E+11
18.	242	96758035605
19.	247	97855399873
20.	202	86295005415

#### 15. Jam 14.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	237	95237065036
2.	171	79031022349
3.	219	90523499949
4.	202	86473998969
5.	205	87140718465
6.	194	84324258973
7.	234	94637838334
8.	324	1,19713E+11
9.	207	87537280668
10.	222	91281336911
11.	279	1,06684E+11
12.	281	1,07263E+11
13.	250	98828261430
14.	273	1,04957E+11
15.	266	1,03126E+11
16.	218	90371457595
17.	248	98207856952
18.	221	91108702131
19.	201	86057187238
20.	256	1,00429E+11

#### 16. Jam 15.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	302	1,13382E+11
2.	236	95106634283
3.	252	99296635842
4.	199	85657953593
5.	265	1,0293E+11
6.	246	97795503380
7.	193	84116196270
8.	233	94272503042
9.	216	89771332145
10.	236	94951420995
11.	223	91547823729
12.	225	92102234570
13.	197	85038058210
14.	220	90892702769

15.	262	1,01923E+11
16.	306	1,14373E+11
17.	193	84082681915
18.	338	1,23984E+11
19.	295	1,11352E+11
20.	238	95538645632

#### 17. Jam 16.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	289	1,09472E+11
2.	229	93289532090
3.	249	98426334557
4.	219	90536093936
5.	197	85131947201
6.	142	72731594530
7.	256	1,00348E+11
8.	221	91221173678
9.	224	92033384743
10.	247	97968628508
11.	185	82230102726
12.	206	87426029437
13.	278	1,06452E+11
14.	255	1,00036E+11
15.	189	83204265591
16.	163	77257187151
17.	211	88737854351
18.	240	95995426327
19.	269	1,03966E+11
20.	235	94797636176

#### 18. Jam 17.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	211	88733683294
2.	223	91551569272
3.	180	81205573466
4.	215	89541324746
5.	187	82799621289
6.	233	94182340007
7.	265	1,02922E+11
8.	247	97957206530
9.	207	87658962857
10.	179	80799481482
11.	292	1,10468E+11
12.	321	1,18849E+11
13.	236	95062850200
14.	198	85373488609



15.	280	1,07084E+11
16.	211	88561696515
17.	215	89607638462
18.	267	1,03308E+11
19.	186	82468607716
20.	170	78718838059

#### 19. Jam 18.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	198	85365948495
2.	192	83994715230
3.	176	80179625917
4.	242	96751127506
5.	180	81039429918
6.	236	94957553477
7.	263	1,02163E+11
8.	232	93869698921
9.	235	94795466369
10.	218	90405450236
11.	183	81795339459
12.	230	93472835662
13.	270	1,04176E+11
14.	305	1,14286E+11
15.	216	89944469933
16.	179	80817401255
17.	238	95519436013
18.	246	97653057795
19.	223	91756902822
20.	193	84169593409

#### 20. Jam 19.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	267	1,03457E+11
2.	221	91092631724
3.	273	1,05014E+11
4.	219	90691128016
5.	272	1,04809E+11
6.	256	1,00384E+11
7.	224	91900840908
8.	202	86341993429
9.	196	84955415447
10.	222	91365247624
11.	216	89876840654
12.	217	90133543954
13.	271	1,04451E+11
14.	221	91115580725

15.	278	1,06408E+11
16.	213	89070593497
17.	270	1,04321E+11
18.	213	89162913672
19.	238	95624209431
20.	270	1,04309E+11

#### 21. Jam 20.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	264	1,02446E+11
2.	253	99464766198
3.	196	84892665378
4.	247	97878826585
5.	205	87244982188
6.	295	1,11221E+11
7.	230	93588731724
8.	300	1,12853E+11
9.	217	90005041141
10.	254	99940634844
11.	229	93295658721
12.	168	78325852247
13.	198	85426832939
14.	255	1,00194E+11
15.	230	93355034040
16.	194	84390034632
17.	210	88269210983
18.	241	96354462732
19.	198	85347340780
20.	270	1,04348E+11

#### 22. Jam 21.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	185	82374372151
2.	222	91502114962
3.	238	95499681196
4.	261	1,0171E+11
5.	222	91347641634
6.	298	1,12033E+11
7.	215	89506657773
8.	244	97153367606
9.	257	1,00767E+11
10.	235	94721702948
11.	266	1,03244E+11
12.	244	97103408772

13.	204	86982160199
14.	174	79663805004
15.	311	1,15995E+11
16.	210	88454966974
17.	235	94898870470
18.	253	99659773938
19.	236	94985134396
20.	201	86030362345

### 23. Jam 22.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	195	84780343092
2.	269	1,03867E+11
3.	245	97396766637
4.	231	93610777207
5.	238	95673577494
6.	181	81234421243
7.	229	93084050874
8.	299	1,12409E+11
9.	235	94842845839
10.	233	94288973778
11.	206	87387763685
12.	230	93593625608
13.	240	96175059698
14.	248	98183805176
15.	218	90449639915
16.	223	91672381822
17.	320	1,18445E+11
18.	162	76935292641
19.	330	1,21618E+11
20.	244	97261356911

### 24. Jam 23.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	228	92920835264
2.	223	91630637759
3.	244	97064974566
4.	243	97010755110
5.	202	86341954890
6.	230	93601235881
7.	226	92334714321
8.	256	1,00364E+11
9.	276	1,05798E+11
10.	276	1,05987E+11
11.	202	86349537707
12.	234	94641646368

13.	191	83688449039
14.	194	84429374190
15.	231	93814413869
16.	296	1,11447E+11
17.	205	87100827544
18.	246	97610648545
19.	223	91782689386
20.	277	1,06078E+11

**LAMPIRAN G**  
**NILAI REDAMAN LINK SURABAYA-PONTIANAK SELAMA**  
**24 JAM**

**1. Jam 00.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	221	36050409036
2.	187	30785816579
3.	236	38517269838
4.	244	39832753815
5.	220	35877713546
6.	263	43214059834
7.	245	39984961000
8.	227	37089852384
9.	234	38167328222
10.	254	41648315685
11.	219	35693435152
12.	197	32330684353
13.	230	37444586587
14.	241	39316629412
15.	257	42033973971
16.	234	38254499961
17.	218	35604051567
18.	260	42691297429
19.	231	37714648132
20.	270	44355662383

**2. Jam 01.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	187	30818293595
2.	264	43348057744
3.	254	41500016097
4.	230	37521569405
5.	223	36302782159
6.	333	56382347202
7.	221	36095806006
8.	228	37225865005
9.	201	32933286160
10.	206	33602174140
11.	214	34869836675
12.	314	52607662195
13.	221	35997021468
14.	210	34272370188

15.	219	35661171110
16.	266	43614725389
17.	189	31050000336
18.	262	42930208884
19.	188	30972878107
20.	230	37601547586

### 3. Jam 02.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	230	37464796356
2.	215	35019376594
3.	264	43328121263
4.	272	44690643764
5.	255	41735780149
6.	226	36927335846
7.	275	45282224507
8.	202	33092601341
9.	241	39413925657
10.	298	49521792900
11.	228	37225175092
12.	204	33429445026
13.	327	55115959422
14.	226	36876599272
15.	254	41521832497
16.	206	33648500873
17.	247	40415210925
18.	255	41716286424
19.	236	38482455223
20.	249	40684357164

### 4. Jam 03.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	195	32026358982
2.	264	43378132567
3.	280	46281825677
4.	320	53799606709
5.	216	35184278174
6.	179	29612252146
7.	309	51676396098
8.	246	40256953865
9.	195	31971405386
10.	214	35013399238
11.	206	33616559679
12.	286	47364409058
13.	260	42660732965
14.	245	40099501180

15.	245	40082960318
16.	205	33552470272
17.	278	45902891627
18.	250	40838280238
19.	225	36786648564
20.	228	37261232337

#### 5. Jam 04.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	328	55315002650
2.	298	49621991909
3.	256	41941867344
4.	239	39007888655
5.	182	29970333569
6.	322	54228219298
7.	241	39349743153
8.	182	29980991662
9.	253	41465660309
10.	240	39143791368
11.	214	34959275018
12.	256	41910580904
13.	209	34174988614
14.	188	30896750828
15.	176	29060741545
16.	222	36162101705
17.	212	34625751162
18.	254	41524820162
19.	183	30176229943
20.	228	37115212994

#### 6. Jam 05.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	210	34319885271
2.	226	36792645431
3.	227	36983892855
4.	216	35209122469
5.	285	47064704376
6.	258	42344247720
7.	322	54154057980
8.	225	36684381712
9.	282	46524241176
10.	166	27632272271
11.	262	43021757867
12.	251	41021937403
13.	221	36096657836
14.	265	43456927459

15.	273	44926149429
16.	280	46244277472
17.	253	41375696577
18.	261	42732526860
19.	210	34361128752
20.	196	32129683396

**7. Jam 06.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	275	45235523517
2.	284	46889883208
3.	270	44462814633
4.	205	33575521257
5.	231	37630484434
6.	246	40250943701
7.	400	71045204862
8.	289	47948606636
9.	348	59473775168
10.	253	41331175773
11.	244	39885788048
12.	261	42822658943
13.	216	35191846894
14.	290	48081787211
15.	229	37433456424
16.	187	30774349082
17.	273	44875069781
18.	181	29875433388
19.	173	28676015643
20.	247	40421005744

**8. Jam 07.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	307	51333223726
2.	226	36858619889
3.	293	48562105026
4.	250	40950336324
5.	225	36774233175
6.	283	46664697663
7.	278	45807598605
8.	231	37727605767
9.	293	48579509596
10.	318	53358912415
11.	233	38023091789
12.	226	36819429420
13.	252	41259143268
14.	250	40874601620



15.	270	44357402111
16.	226	36820117447
17.	266	43618358252
18.	281	46373852726
19.	243	39648342990
20.	242	39481606872

#### 9. Jam 08.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	287	47395793117
2.	202	33089215717
3.	245	40085392142
4.	211	34473993635
5.	292	48389586690
6.	215	35058346674
7.	232	37881717628
8.	222	36256139762
9.	278	45906172850
10.	253	41433953908
11.	199	32593419539
12.	212	34595896710
13.	198	32379620191
14.	256	42006614966
15.	249	40733361476
16.	179	29576633196
17.	171	28413274908
18.	234	38187617031
19.	265	43477761029
20.	242	39588918072

#### 10. Jam 09.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	271	44503163645
2.	227	36983349575
3.	246	40237770383
4.	203	33146802503
5.	164	27403901699
6.	239	39078343907
7.	201	32867473525
8.	287	47461528055
9.	315	52877381234
10.	221	36112934476
11.	288	47642589808
12.	277	45564816197
13.	186	30579263926
14.	234	38233107900

15.	246	40229385210
16.	257	42135976245
17.	264	43315789938
18.	264	43296721255
19.	264	43328367468
20.	224	36470284815

#### 11. Jam 10.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	231	37608718046
2.	213	34811314231
3.	219	35683589010
4.	189	31015331430
5.	204	33350619630
6.	186	30588472663
7.	216	35261221824
8.	196	32180408703
9.	209	34178509357
10.	224	36537051131
11.	193	31606300041
12.	235	38324646640
13.	249	40793351575
14.	200	32804443837
15.	284	46942442458
16.	181	29797129522
17.	221	35992368197
18.	184	30256759891
19.	222	36276044693
20.	189	31008496434

#### 12. Jam 11.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	268	44110012461
2.	161	27007380684
3.	214	34980956122
4.	274	45129936533
5.	252	41188910504
6.	236	38483215074
7.	254	41495311131
8.	285	47083336619
9.	242	39486182432
10.	207	33896025288
11.	229	37292231196
12.	228	37118233019
13.	274	45089603415
14.	252	41316715801

15.	258	42324639204
16.	242	39444370505
17.	222	36166896109
18.	238	38855949067
19.	244	39917076634
20.	186	30657211438

### 13. Jam 12.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	317	53251430701
2.	245	39951410050
3.	373	64787825650
4.	224	36570717093
5.	259	42448738095
6.	307	51326323780
7.	373	64771180374
8.	248	40530689364
9.	206	33723198202
10.	270	44324180417
11.	189	31027812635
12.	225	36707442827
13.	247	40305809354
14.	303	50411466346
15.	300	49906099344
16.	235	38270857345
17.	275	45315544646
18.	223	36417461258
19.	263	43194342660
20.	325	54794757797

### 14. Jam 13.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	217	35366441339
2.	231	37759602389
3.	210	34285199002
4.	249	40731797759
5.	350	60024633773
6.	217	35456746447
7.	263	43085124969
8.	198	32437791359
9.	295	48983884955
10.	200	32773529179
11.	244	39867466056
12.	212	34673936716
13.	257	42050813458
14.	236	38528116049

15.	234	38166221672
16.	387	67887127661
17.	212	34609720072
18.	234	38142387815
19.	370	64134206750
20.	194	31872565990

**15. Jam 14.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	238	38900625462
2.	228	37246887180
3.	247	40446087297
4.	278	45851969186
5.	252	41174161714
6.	243	39765850975
7.	247	40362452970
8.	238	38790603486
9.	207	33809062058
10.	269	44189957140
11.	298	49637083461
12.	215	35156973394
13.	326	54925890045
14.	229	37316760101
15.	226	36894218108
16.	203	33149672031
17.	206	33713001565
18.	201	32858261756
19.	250	40892813547
20.	308	51472590197

**16. Jam 15.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	224	36540358748
2.	210	34225479362
3.	271	44563221550
4.	210	34248201248
5.	218	35577131590
6.	273	44980534194
7.	253	41488309905
8.	274	45088964481
9.	256	41999153056
10.	220	35937854120
11.	216	35273540170
12.	269	44267886523
13.	210	34378365412
14.	288	47587045550

15.	269	44221475800
16.	247	40418170000
17.	236	38473042928
18.	251	40975733676
19.	426	77110265695
20.	231	37721421042

**17. Jam 16.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	195	31993677580
2.	248	40548542415
3.	194	31744661773
4.	200	32816366938
5.	211	34475871949
6.	192	31464154127
7.	225	36725566859
8.	203	33136378018
9.	225	36634736021
10.	218	35573795889
11.	220	35885122232
12.	216	35332980845
13.	290	48007577991
14.	261	42800975384
15.	238	38843598872
16.	184	30338157620
17.	179	29619795373
18.	169	28174704789
19.	365	63098385000
20.	277	45722284035

**18. Jam 17.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	253	41381164622
2.	252	41231446810
3.	239	39088211554
4.	256	41936407751
5.	283	46664850435
6.	277	45706722794
7.	214	34958127961
8.	270	44372368603
9.	243	39617257408
10.	216	35317553407
11.	193	31639506118
12.	263	43082875320
13.	222	36220341648
14.	237	38751544132

15.	206	33705264592
16.	182	29955828430
17.	242	39605649059
18.	233	38045459062
19.	288	47698921424
20.	270	44312265890

#### 19. Jam 18.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	331	56003736700
2.	159	26630970903
3.	216	35293619080
4.	189	31020926700
5.	212	34571113408
6.	248	40630414193
7.	241	39383016708
8.	209	34160120576
9.	268	44114344705
10.	262	42892836566
11.	263	43085403285
12.	219	35792793082
13.	281	46370178084
14.	263	43199108200
15.	359	61829214088
16.	282	46493910571
17.	286	47324788681
18.	238	38799529878
19.	190	31175466309
20.	221	36113662540

#### 20. Jam 19.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	220	35858703194
2.	219	35710399815
3.	330	55779073723
4.	276	45534024751
5.	219	35756555657
6.	263	43103413745
7.	222	36189053350
8.	265	43550528375
9.	299	49691365161
10.	180	29711344339
11.	280	46199242285
12.	301	50100457415
13.	237	38766512236
14.	316	52984353691

15.	242	39500301530
16.	191	31423308641
17.	163	27263129288
18.	223	36348187653
19.	266	43610497998
20.	249	40635552431

#### 21. Jam 20.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	212	34550414865
2.	319	53653985136
3.	196	32202151374
4.	244	39796508636
5.	182	30089710808
6.	209	34091754844
7.	213	34824155720
8.	252	41240642656
9.	276	45476470946
10.	248	40509406711
11.	221	36108077619
12.	270	44414552260
13.	269	44284954349
14.	240	39256357823
15.	259	42494368926
16.	252	41312538769
17.	200	32676557798
18.	268	43972884686
19.	211	34457136847
20.	213	34756529219

#### 22. Jam 21.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	218	35537732041
2.	231	37638538925
3.	302	50310829956
4.	204	33345870714
5.	269	44175073085
6.	248	40570641496
7.	227	36952622572
8.	197	32323416627
9.	225	36642775494
10.	232	37890312353
11.	184	30328539893
12.	243	39747076653

13.	205	33548049006
14.	232	37832162504
15.	249	40765174124
16.	202	33108760268
17.	224	36622114112
18.	250	40867021459
19.	173	28707994524
20.	280	46265114112

### 23. Jam 22.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	279	45953531701
2.	178	29452391962
3.	213	34838809600
4.	225	36681742134
5.	253	41389288002
6.	178	29422195354
7.	255	41752209226
8.	192	31546843270
9.	238	38891205679
10.	263	43126779986
11.	249	40696912767
12.	283	46668778158
13.	279	46006338177
14.	211	34491023031
15.	246	40199351013
16.	201	32901412158
17.	189	31021134128
18.	275	45312052441
19.	236	38456888699
20.	233	38094544746

### 24. Jam 23.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	196	32161676506
2.	237	38666797436
3.	258	42358480909
4.	283	46831618227
5.	305	50945429511
6.	239	39024419501
7.	183	30225346011
8.	208	33985780215
9.	197	32304790688
10.	350	59849831083
11.	212	34689206760
12.	267	43882208433



13.	228	37210721432
14.	273	45017250520
15.	207	33857992827
16.	186	30642340338
17.	186	30543951905
18.	256	41876854613
19.	229	37311991756
20.	228	37192015056

**LAMPIRAN H**  
**NILAI REDAMAN LINK SURABAYA-KOTOTABANG**  
**SELAMA 24 JAM**

**1. Jam 00.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	221	80043167185
2.	225	80778400486
3.	221	80025525998
4.	192	73499352602
5.	191	73456384882
6.	190	73220068550
7.	307	1,00962E+11
8.	217	79096924521
9.	265	90325561327
10.	239	84100416641
11.	311	1,01998E+11
12.	264	90160637852
13.	182	71419938413
14.	212	78032452878
15.	263	89775480236
16.	237	83511440717
17.	334	1,08085E+11
18.	223	80414620133
19.	172	69389168518
20.	243	85044815371

**2. Jam 01.00 WIB**

<b>No</b>	<b>Ketinggian Virtual</b>	<b>Redaman</b>
1.	163	67791532364
2.	247	85973189683
3.	254	87604808366
4.	199	75196320058
5.	238	83804341241
6.	231	82335785592
7.	275	92863086265
8.	230	82002577869
9.	270	91452308655
10.	220	79813486005
11.	201	75491123621
12.	223	80504713001
13.	217	79096458621
14.	262	89655809808

15.	223	80344072788
16.	194	74073180027
17.	219	79480317605
18.	277	93221581231
19.	209	77312313039
20.	200	75415739476

### 3. Jam 02.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	278	93411863528
2.	176	70287799854
3.	233	82737336115
4.	159	66902459948
5.	226	81096616501
6.	315	1,03047E+11
7.	265	90322242898
8.	225	80763519110
9.	212	77935321958
10.	247	85895491439
11.	270	91648268511
12.	225	80960595952
13.	298	98653788202
14.	195	74255988498
15.	159	66863829064
16.	197	74743596805
17.	217	79100353245
18.	211	77659039023
19.	194	74026166620
20.	284	95033046003

### 4. Jam 03.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	221	79934183873
2.	193	73737223247
3.	256	88130340517
4.	287	95746025966
5.	346	1,1146E+11
6.	246	85640449580
7.	195	74208909590
8.	233	82689523197
9.	189	72900856617
10.	202	75764321345
11.	200	75404451640
12.	194	74131588767
13.	240	84386467044
14.	185	72160379519

15.	253	87331593645
16.	258	88703474125
17.	270	91444056936
18.	224	80659303799
19.	251	86828128189
20.	308	1,01209E+11

**5. Jam 04.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	173	69679340686
2.	309	1,01331E+11
3.	220	79813346768
4.	279	93681562858
5.	245	85549855055
6.	264	89973252980
7.	184	71901262432
8.	280	94053416829
9.	290	96501171708
10.	157	66457068490
11.	218	79308261652
12.	201	75468257246
13.	231	82260664767
14.	194	74002507339
15.	236	83418357945
16.	250	86599189712
17.	235	83091707796
18.	220	79804606564
19.	180	71014094661
20.	227	81356998743

**6. Jam 05.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	215	78522352927
2.	232	82545757816
3.	265	90435341185
4.	196	74434436382
5.	206	76725958365
6.	378	1,20341E+11
7.	202	75705417824
8.	314	1,02876E+11
9.	266	90556679253
10.	204	76180468941
11.	221	79905616697
12.	217	78973072973
13.	244	85330696301
14.	285	95394357674

15.	169	68880034947
16.	320	1,04404E+11
17.	258	88528021150
18.	204	76263809192
19.	220	79725645350
20.	237	83615052173

**7. Jam 06.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	191	73291141622
2.	192	73575563136
3.	219	79421978224
4.	206	76727935963
5.	216	78901644222
6.	236	83356269379
7.	183	71806944453
8.	182	71442178128
9.	156	66337113030
10.	210	77518660084
11.	253	87302812633
12.	199	75090544771
13.	245	85612711446
14.	247	86014206816
15.	267	90894398361
16.	267	90878602489
17.	199	75191453469
18.	194	73954362672
19.	227	81272794328
20.	200	75369219003

**8. Jam 07.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	181	71244742508
2.	183	71777667030
3.	174	69938683300
4.	181	71310947476
5.	219	79479937998
6.	170	69015634802
7.	333	1,07791E+11
8.	256	88101351385
9.	157	66502553622
10.	184	71900162675
11.	221	79893647066
12.	167	68444584712
13.	208	76960700143
14.	272	92056663534

15.	219	79405894261
16.	222	80242802250
17.	189	72936148182
18.	204	76208142878
19.	178	70622357728
20.	240	84249803808

#### 9. Jam 08.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	172	69435983569
2.	172	69388746610
3.	262	89497177704
4.	219	79563301365
5.	210	77553036585
6.	283	94779895190
7.	196	74392950893
8.	230	82069791962
9.	242	84777705576
10.	260	88980200072
11.	194	73976535939
12.	239	84185608840
13.	363	1,16184E+11
14.	173	69624175571
15.	243	84940128528
16.	216	78843082102
17.	195	74171469349
18.	195	74136487875
19.	245	85582436195
20.	337	1,08891E+11

#### 10. Jam 09.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	240	84398522408
2.	152	65557872384
3.	183	71807568563
4.	277	93376547008
5.	200	75397981586
6.	238	83891912248
7.	293	97220034547
8.	193	73729873297
9.	190	73233737832
10.	206	76697955921
11.	243	85011797237
12.	217	79057501260
13.	190	73099182722
14.	171	69263289188

15.	211	77681042876
16.	216	78917857881
17.	205	76366120470
18.	215	78574564766
19.	186	72296040647
20.	248	86103331266

#### 11. Jam 10.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	203	76058030624
2.	198	74804044769
3.	183	71696821121
4.	157	66516703487
5.	248	86266030883
6.	319	1,04047E+11
7.	332	1,07433E+11
8.	206	76703340436
9.	223	80431677517
10.	207	76912745079
11.	228	81525340122
12.	192	73515323963
13.	161	67289823658
14.	223	80514190906
15.	182	71433500310
16.	161	67384309796
17.	340	1,0983E+11
18.	216	78814481105
19.	241	84639929161
20.	277	93264223048

#### 12. Jam 11.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	232	82469220757
2.	264	90186539608
3.	221	79868208206
4.	296	98060632033
5.	248	86219648886
6.	209	77275595766
7.	219	79489177752
8.	214	78461947294
9.	235	83063005594
10.	257	88272930545
11.	214	78325592827
12.	244	85185752443
13.	306	1,00541E+11
14.	265	90215960621

15.	260	89038571201
16.	195	74261239017
17.	205	76369364900
18.	235	83071277134
19.	221	79947889136
20.	169	68959411320

### 13. Jam 12.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	231	82267989054
2.	213	78252495096
3.	206	76640100397
4.	255	87857028695
5.	284	95041627150
6.	326	1,05926E+11
7.	227	81324358375
8.	231	82326940971
9.	201	75614810433
10.	298	98593807678
11.	222	80172002728
12.	207	76853210997
13.	329	1,06825E+11
14.	259	88866892395
15.	255	87854252895
16.	189	72908844725
17.	243	84937990628
18.	246	85807332794
19.	186	72316298430
20.	216	78876348633

### 14. Jam 13.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	248	86142173939
2.	186	72424933686
3.	269	91354939772
4.	238	83889089005
5.	252	87167870932
6.	214	78432150251
7.	235	83095224489
8.	291	96763289178
9.	151	65446179236
10.	169	68907295073
11.	242	84758958443
12.	201	75448313422
13.	214	78283027497
14.	173	69722221833



15.	192	73617305559
16.	210	77398089400
17.	198	74916283793
18.	193	73885295095
19.	209	77253758251
20.	191	73350220650

#### 15. Jam 14.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	247	85882021482
2.	261	89353778286
3.	284	95096922010
4.	145	64371165050
5.	218	79371287697
6.	239	84138158367
7.	255	87866179585
8.	179	70919007463
9.	189	72907878915
10.	258	88654312663
11.	220	79810544844
12.	248	86148065355
13.	190	73215023726
14.	169	68905779570
15.	257	88340013741
16.	277	93279357730
17.	299	98869511377
18.	172	69509106709
19.	178	70715212398
20.	174	69860797554

#### 16. Jam 15.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	171	69361659954
2.	314	1,02807E+11
3.	250	86731134804
4.	201	75499134918
5.	355	1,13891E+11
6.	248	86122078996
7.	237	83568912286
8.	196	74529965700
9.	187	72501768591
10.	165	68128200905
11.	209	77254193556
12.	187	72582422658
13.	252	87127903869
14.	213	78111106631

15.	306	1,00736E+11
16.	293	97255026587
17.	231	82336164011
18.	214	78400499927
19.	275	92783223610
20.	184	71952317530

#### 17. Jam 16.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	235	83211866090
2.	190	73125493412
3.	184	71952535443
4.	247	86085769515
5.	296	97969683422
6.	167	68556514340
7.	208	77042364557
8.	222	80093174809
9.	159	66899937541
10.	260	89212461549
11.	209	77321281099
12.	314	1,02762E+11
13.	210	77513559995
14.	242	84693033589
15.	184	71979051169
16.	202	75673435941
17.	183	71803284327
18.	241	84526040905
19.	282	94603685059
20.	203	75913002347

#### 18. Jam 17.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	270	91622250380
2.	197	74743374667
3.	191	73391296903
4.	180	71144264020
5.	245	85575343890
6.	366	1,16909E+11
7.	255	87978285280
8.	196	74558846761
9.	260	89158549938
10.	185	72066592742
11.	175	70167338262
12.	255	87867651657
13.	196	74528990315
14.	238	83762757083

15.	287	95911591894
16.	241	84610977072
17.	264	90194696557
18.	170	69069594188
19.	252	87267065312
20.	327	1,06118E+11

**19. Jam 18.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	197	74686242340
2.	204	76133123722
3.	248	86157788796
4.	204	76194658731
5.	192	73676403509
6.	209	77362892833
7.	219	79437588775
8.	242	84692371656
9.	190	73282319621
10.	238	83793998184
11.	228	81544307841
12.	283	94882365269
13.	217	78985584716
14.	220	79669095827
15.	183	71791461361
16.	177	70407313415
17.	237	83734935373
18.	215	78673804030
19.	246	85626406591
20.	192	73697198778

**20. Jam 19.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	242	84730976052
2.	203	76031134141
3.	231	82171139267
4.	169	68872876837
5.	197	74663003703
6.	195	74238162434
7.	246	85811120573
8.	224	80722488131
9.	184	71889863924
10.	224	80738852766
11.	199	75183733764
12.	200	75359138444
13.	262	89466939696
14.	229	81870010706

15.	241	84592127844
16.	262	89670576286
17.	232	82476137198
18.	248	86126071495
19.	253	87510544613
20.	276	93015452883

## 21. Jam 20.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	232	82455410357
2.	213	78206289540
3.	220	79667147283
4.	250	86579717437
5.	270	91528984679
6.	217	79116114562
7.	238	83900065221
8.	216	78780515480
9.	234	82966666108
10.	243	85001201411
11.	202	75737845182
12.	236	83378500611
13.	250	86640917338
14.	229	81675254053
15.	304	1,00187E+11
16.	202	75794483709
17.	198	74819295373
18.	166	68236641448
19.	264	89980734146
20.	262	89494568122

## 22. Jam 21.00 WIB

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	343	1,10633E+11
2.	266	90531680939
3.	213	78134404950
4.	242	84883363844
5.	188	72703323423
6.	312	1,02282E+11
7.	265	90319645505
8.	258	88616733381
9.	193	73818021473
10.	238	83821418824
11.	204	76182234432
12.	213	78161283474

13.	204	76089333565
14.	188	72764153214
15.	192	73589315774
16.	217	79004314650
17.	167	68526847121
18.	250	86713862006
19.	220	79788996101
20.	254	87677603198

**23. Jam 22.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	264	89990949827
2.	249	86569646180
3.	239	84113701469
4.	280	93965209952
5.	265	90200767115
6.	234	83039635559
7.	199	75180071018
8.	201	75470065958
9.	277	93260543890
10.	170	69034668243
11.	224	80621027923
12.	160	67133775818
13.	269	91238383644
14.	261	89435908974
15.	225	80848279748
16.	222	80206623467
17.	146	64434451922
18.	249	86426185826
19.	153	65863546728
20.	150	65232277371

**24. Jam 23.00 WIB**

No	Ketinggian Virtual	Redaman
1.	288	96073739269
2.	237	83543280632
3.	233	82653970005
4.	297	98283240396
5.	195	74339970726
6.	254	87645756741
7.	260	89138630761
8.	216	78725143540
9.	234	82823421101
10.	184	71833393540
11.	184	71939539328
12.	229	81793685599

13.	255	87913401754
14.	353	1,13343E+11
15.	200	75349274841
16.	232	82554311706
17.	222	80103031267
18.	161	67219068292
19.	208	77128354722
20.	164	67980461868

## LAMPIRAN I

### KORELASI REDAMAN EKIVALEN SELAMA 24 JAM

#### 1. Jam 00.00 WIB

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,607
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,294
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,0659
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,158

#### 2. Jam 01.00 WIB

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,207
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,090
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,450
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,062

#### 3. Jam 02.00 WIB

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,374
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,232
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,114
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,305

#### 4. Jam 03.00 WIB

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,079
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,065
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,305
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,003

#### 5. Jam 04.00 WIB

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,133
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,386
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,265
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,034

#### 6. Jam 05.00 WIB

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,135
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,449
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,301
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,339

**7. Jam 06.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,376
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,696
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,258
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,159

**8. Jam 07.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,082
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,131
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,206
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,087

**9. Jam 08.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,025
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,447
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,188
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,164

**10. Jam 09.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,272
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,200
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,124
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,058

**11. Jam 10.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,043
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,157
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,280
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,096

**12. Jam 11.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,055
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,126
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,260
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,367



**13. Jam 12.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,355
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,110
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,096
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,255

**14. Jam 13.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,120
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,137
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,102
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,002

**15. Jam 14.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,043
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,297
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,478
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,298

**16. Jam 15.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,144
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,037
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,050
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,369

**17. Jam 16.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,088
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,069
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,012
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,148

**18. Jam 17.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,034
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,213
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,212
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,201

**19. Jam 18.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,255
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,397
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,472
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,044

**20. Jam 19.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,069
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,052
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,037
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	0,283

**21. Jam 20.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	0,214
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,083
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,244
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,136

**22. Jam 21.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,400
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	-0,407
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	-0,044
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,082

**23. Jam 22.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,165
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,128
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,248
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,327

**24. Jam 23.00 WIB**

No	Link	Korelasi
1.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Biak	-0,376
2.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Ternate	0,387
3.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Pontianak	0,259
4.	Surabaya_Merauke-Surabaya_Kototabang	-0,208

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penyusun dengan nama lengkap Paramita Eka Wahyu Lestari, sering dipanggil dengan nama Mita, lahir di Surabaya, 8 September 1989. Sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini bertempat tinggal di Perumdos ITS Jl Teknik Sipil A-4 Surabaya.

Pendidikan formal yang di tempuh:

- SDN Tembok Dukuh 1/83 pada tahun 1995 – 2001 lulus pada tahun 2001.
- SMP Negeri 3 Surabaya pada tahun 2001 – 2004 lulus pada tahun 2004.
- SMA Negeri 21 Surabaya pada tahun 2004 – 2007 lulus pada tahun 2007.
- D3 Jurusan Teknik Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS - ITS) pada tahun 2007 -2010 lulus pada tahun 2010.
- S1 Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun 2010- 2012
- S2 Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun 2013-sekarang

***(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)***